

## **Estudo de Iluminação de 4 Complexos Desportivos de Piscinas e Pavilhão Multidesportos**

Trabalho de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Instalações e Equipamentos em Edifícios

**Autor**

**Anderson Filipe Sousa Pereira**

**Orientadores**

**Dulce Helena de Carvalho Coelho**

**Manuel Maria Abranches Travassos Valdez**

**Supervisor (Câmara Municipal de Coimbra)**

**Luís Miguel Santos Costa**

**Instituição**

**IPC-Instituto Politécnico de Coimbra**

**Coimbra, dezembro, 2013**



## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar a minha gratidão.

Aos meus orientadores, Doutora Dulce Coelho, Doutor Manuel Valdez e Supervisor na Câmara Municipal de Coimbra, Engenheiro Luís Miguel Santos Costa, pela orientação, apoio, incentivo, análise crítica e disponibilidade demonstrados ao longo deste trabalho.

Ao Engenheiro Paulo Rodrigues pela ajuda prestada e interesse neste trabalho.

Ao Bruno Guerra, operador das piscinas, pelo incansável apoio, pela sua disponibilidade, acompanhamento e paciência sempre que foi preciso visitar as instalações.

À minha família, em especial a minha mãe e meu irmão Sandro, pela confiança, apoio, carinho e compreensão.

À Jussara Ribeiro, o meu muito obrigado pelo seu precioso encorajamento, otimismo, amor, companheirismo e paciência em todos os momentos.

Aos meus amigos de longa data, pelo carinho e incentivo e aos amigos com que Coimbra me presenteou, pela amizade, pela confiança demonstrada ao longo da minha formação académica e, sobretudo, por todos os momentos de companheirismo e alegre convívio.



## RESUMO

As autoridades locais são atores fundamentais no aumento da eficiência energética e no combate às alterações climáticas. As autoridades locais são responsáveis por algumas políticas que têm um impacto real sobre a política energética e as mudanças climáticas e desempenham um papel importante com a implementação de medidas de eficiência energética dentro das suas próprias operações.

As instalações desportivas são caracterizadas por um elevado consumo de energia e por necessidades energéticas especiais diferentes de outros tipos de consumidores, como casas ou escritórios, porque apresentam padrões de consumo diferentes, dependentes em grande parte da atividade desportiva específica.

O elevado consumo de energia em instalações desportivas, nomeadamente em piscinas, apresenta-se como um desafio e uma oportunidade para a conservação de energia e para a melhoria das condições do espaço interior.

A iluminação é fundamental em todas as instalações desportivas. A implementação de medidas que reduzam os consumos de energia com a iluminação e os custos associados, sem comprometer o conforto de funcionários e frequentadores, dá aos gestores destes espaços uma oportunidade para reduzir o consumo de energia, reduzir o montante das faturas energéticas e participar no crescente esforço nacional e global para controlar a atual situação energética.

A iluminação deve ser selecionada para fornecer os níveis de brilho e de cor necessárias para determinadas tarefas ou atividades e também para tornar o espaço atraente para os frequentadores. No entanto, a escolha da iluminação deve ter em consideração as diferentes áreas que requerem diferentes níveis de luz e questões específicas, como a minimização da reflexão do brilho das luminárias fora da superfície da piscina e a seleção de uma instalação de luz que resista à corrosão.

Este relatório tem como principal objetivo a descrição do trabalho realizado durante o estágio curricular que decorreu na Câmara Municipal de Coimbra e que teve como tema o estudo dos sistemas de iluminação de quatro Complexos Desportivos Municipais.

**Palavras-chave:** Complexos Desportivos, Eficiência Energética, Iluminação Eficiente, Piscinas Municipais.

## ABSTRACT

Local authorities are key players in increasing energy efficiency, reducing emissions and fighting climate change. Local authorities are responsible for delivering on a range of policies that have a real impact on energy policy and climate change and play an important role with the implementation of concrete energy efficiency measures within its own operations.

The sports facilities are characterized by high energy consumption and by special energy needs not comparable with the typical consumption of any other energy user, like houses or offices, because the energy needs trend is different and largely depending on the specific sport activity.

The high energy consumption in sports facilities, namely in swimming pools, presents an attractive challenge and significant opportunity for energy conservation and for improve indoor conditions.

Lighting is central to energy usage at any sport facilities. Taking steps to reduce energy consumption and costs associated with lighting without compromising staff and customer comfort gives sports management an opportunity to reduce energy consumption, to reduce energy bills and to participate in a growing national and global effort to control their energy situation.

Lighting must be selected to provide the required brightness and colour levels for given tasks or activities and also to make the space attractive to the customers. However, lighting must be selected according the different areas that require different light levels. Furthermore, there are a number of important design issues to consider when lighting a swimming pool, namely minimising reflected glare from the light fittings off the pool surface; selecting a light fitting that resists corrosion.

This report aims at presenting the description of the work developed during the traineeship at the Municipality of Coimbra and that focused on the study of the lighting system of four sports facilities – three Swimming Pool Complexes and a Multisport Pavilion.

**Keywords:** Efficient Lighting, Energy Efficiency, Municipal Swimming Pools, Sports Facilities.

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABELAS .....	ix
ABREVIATURAS .....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos propostos .....	2
1.2. Estrutura do relatório .....	3
2. Os Municípios e a Eficiência Energética.....	5
2.1. A Eficiência Energética – Enquadramento Legislativo .....	5
2.1.1. A Eficiência Energética no Sector do Estado.....	7
2.2. O Papel dos Municípios na Promoção da Eficiência Energética.....	8
3. Caracterização dos 4 Complexos Desportivos de Piscinas e Pavilhão Multidesportos .....	11
3.1. Complexo Desportivo .....	11
3.1.1. Complexo Olímpico de Piscinas .....	11
3.1.2. Pavilhão Multidesportos.....	12
3.2. Piscina Rui Abreu .....	13
3.3. Piscina Luís Lopes da Conceição .....	14
4. ANÁLISE ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS.....	15
4.1. Complexo Desportivo .....	15
4.1.1. Complexo Olímpico de Piscinas .....	16
4.1.1.1. Principais Sistemas Energéticos .....	16
4.1.1.2. Sistema atual de iluminação do Complexo Olímpico de Piscinas .....	18
4.1.1.3. Diagrama de Carga .....	22
4.1.2. Pavilhão Multidesportos.....	23
4.1.2.1. Principais Sistemas Energéticos .....	23
4.1.2.2. Sistema Atual de Iluminação no Pavilhão Multidesportos.....	24
4.2. Piscina Rui Abreu .....	27
4.2.1. Principais Sistemas Energéticos.....	28
4.2.2. Sistema Atual de Iluminação na Piscina Rui Abreu .....	29
4.2.3. Diagrama de Carga.....	32
4.3. Piscina Luís Lopes da Conceição .....	32
4.3.1. Principais Sistemas Energéticos.....	33
4.3.2. Sistema Atual de Iluminação na Piscina Luís Lopes da Conceição.....	35
4.3.3. Diagrama de Carga.....	38
5. AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DE ILUMINAÇÃO .....	39
5.1. Complexo Olímpico de Piscinas .....	39

5.1.1.	Simulações .....	39
5.1.2.	Análise económica.....	40
5.2.	Pavilhão Multidesportos.....	43
5.2.1.	Simulações .....	43
5.2.2.	Análise económica.....	44
5.3.	Piscina Rui Abreu.....	46
5.3.1.	Simulações .....	46
5.3.2.	Análise económica.....	48
5.4.	Piscina Luís Lopes da Conceição .....	48
5.4.1.	Simulações .....	49
5.4.2.	Análise económica.....	50
5.5.	Projetos de Iluminação para as Naves .....	51
6.	CONCLUSÕES .....	55
	REFERÊNCIAS .....	58
	ANEXOS .....	59
	Anexo 1-Levantamento dos Equipamentos .....	59
	Anexo 2-Estudo do Sistema Atual Existente .....	59
	Anexo 3-Análise Técnica para Solução LED .....	59
	Anexo 4-Análise Solução LED das Naves [empresa] .....	59



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1 – Interior da Piscina Olímpica. ....	12
Figura 3. 2 – Interior do Pavilhão Multidesportos. ....	12
Figura 3. 3 – Entrada da Piscina Rui Abreu. ....	13
Figura 3. 4 – Interior da Piscina Luís Lopes da Conceição. ....	14
Figura 4. 1 – Evolução dos consumos de energia elétrica do Complexo Desportivo (2008-2012). ....	16
Figura 4. 2 – Evolução dos encargos com energia elétrica do Complexo Desportivo (2008-2012). ....	16
Figura 4. 3 – Desagregação do consumo total de energia Complexo Olímpico de Piscinas. ....	17
Figura 4. 4 – Desagregação dos consumos de energia do Complexo Olímpico de Piscinas. ....	18
Figura 4. 5 – Luminárias existentes na Piscina Olímpica por tipo de lâmpada. ....	18
Figura 4. 6 – Simulação, efetuada pelo Dialux, do sistema de iluminação existente no balneário P50.21	
Figura 4. 7 – Diagrama de carga global do Complexo Olímpico de Piscinas. ....	22
Figura 4. 8 – Desagregação do consumo total de energia no Pavilhão Multidesportos. ....	23
Figura 4. 9 – Desagregação dos consumos de energia do Pavilhão Multidesportos pelas várias utilizações. ....	24
Figura 4. 10 – Luminárias existentes no Pavilhão por tipo de lâmpada. ....	24
Figura 4. 11 – Simulação efetuada pelo Dialux, do sistema de iluminação existente no Gabinete-Secretariado. ....	26
Figura 4. 12 – Evolução dos consumos de energia elétrica da piscina Rui Abreu (2008-2012). ....	27
Figura 4. 13 – Evolução dos encargos com energia elétrica da piscina Rui Abreu (2008-2012). ....	28
Figura 4. 14 – Desagregação do consumo total de Energia da piscina Rui Abreu. ....	29
Figura 4. 15 – Desagregação dos consumos de energia da piscina Rui Abreu. ....	29
Figura 4. 16 – Luminárias existentes na piscina Rui Abreu por tipo de lâmpada. ....	30
Figura 4. 17 – Simulação efetuada pelo Dialux, do sistema de iluminação existente no Balneário Feminino. ....	31
Figura 4. 18 – Diagrama de carga global da Piscina Rui Abreu. ....	32
Figura 4. 19 – Evolução dos consumos de energia elétrica da piscina Luís Lopes da Conceição (2008-2012). ....	33
Figura 4. 20 – Evolução dos encargos com energia elétrica da piscina Luís Lopes da Conceição (2008-2012). ....	33
Figura 4. 21 – Desagregação do consumo total de Energia da piscina Luís Lopes da Conceição. ....	34
Figura 4. 22 – Desagregação dos consumos de energia da piscina Luís Lopes da Conceição. ....	35
Figura 4. 23 – Luminárias existentes na piscina Luís Lopes da Conceição por tipo de lâmpada. ....	35
Figura 4. 24 – Simulação efetuada pelo Dialux, do sistema de iluminação existente no Balneário Masculino. ....	37
Figura 4. 25 – Diagrama de carga global da Piscina Rui Abreu. ....	38
Figura 5. 1 – Resultados obtidos com o Dialux para um dos balneários masculinos – nível 2. ....	40
Figura 5. 2 – Resultados obtidos com o Dialux para 2 espaços - nível 4. ....	44
Figura 5. 3 – Resultados obtidos com o Dialux para o Posto de socorro e de vigia. ....	47
Figura 5. 4 – Resultados obtidos com o Dialux para o Balneário Masculino. ....	47
Figura 5. 5 – Resultados obtidos com o Dialux para dois espaços. ....	49

---

Figura 5. 6 – Resultados obtidos com o Dialux para o Balneário Masculino.....	50
Figura 5. 7 – Direções definidas para cada uma das lâmpadas para a nave de aprendizagem. ....	51

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4. 1 – Levantamento das cargas de Iluminação do nível 1 do Complexo Olímpico de Piscinas.	19
Tabela 4. 2 – Resumo da avaliação do sistema atual de iluminação artificial na Piscina Olímpica. ....	20
Tabela 4. 3 – Levantamento das cargas de Iluminação do nível 3 do Pavilhão Multidesportos. ....	25
Tabela 4. 4 – Resumo da avaliação do sistema atual de iluminação artificial no Pavilhão Multidesportos.....	25
Tabela 4. 5 – Levantamento das cargas de Iluminação do piso 1 da piscina Rui Abreu.....	30
Tabela 4. 6 – Resumo da avaliação do sistema atual de iluminação artificial na Piscina Rui Abreu. ..	31
Tabela 4. 7 – Levantamento das cargas de Iluminação do piso 1 da piscina Luís Lopes da Conceição.	36
Tabela 4. 8 – Resumo da avaliação do sistema atual de iluminação artificial na Piscina Luís Lopes. .	36
Tabela 5. 1 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 1. ....	40
Tabela 5. 2 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 2 .....	41
Tabela 5. 3 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 3 .....	42
Tabela 5. 4 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 4. ....	42
Tabela 5. 5 – Análise económica do projeto de iluminação global.....	43
Tabela 5. 6 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 2. ....	45
Tabela 5. 7 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 3. ....	45
Tabela 5. 8 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 4. ....	45
Tabela 5. 9 – Análise técnico económica do projeto de iluminação global .....	46
Tabela 5. 10 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o piso 0.....	48
Tabela 5. 11 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o piso 0.....	51
Tabela 5. 12 – Análise económica do projeto de iluminação para a nave da Piscina Olímpica.....	52
Tabela 5. 13 – Análise económica do projeto de iluminação para a nave do Pavilhão Multidesportos.	53
Tabela 5. 14 – Análise económica do projeto de iluminação para a nave Piscina Rui Abreu. ....	53
Tabela 5. 15 – Análise económica do projeto de iluminação para a nave da Piscina Luís Lopes da Conceição.....	53
Tabela 6. 1 – Resumo da avaliação dos projetos de iluminação. ....	56
Tabela 6. 2 – Resumo da avaliação dos projetos de iluminação das naves.....	56

## ABREVIATURAS

*A* - Área

AQS - Aquecimento de Águas Sanitárias

AVAC - Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

BT - Baixa Tensão

*Em* - Iluminância Média

*Emin* - Iluminância Mínima

ENE - Estratégia Nacional para a Energia

ESE - Empresas de Serviço de Energia

*Fd* - Fator de Depreciação

MT - Média Tensão

PAES - Planos de Ação para a Energia Sustentável

*Pd* - Pé direito

PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

QG - Quadros Geral

QGBT - Quadro Geral de Baixa Tensão

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios

SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

*UGR* - Encandeamento

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

## 1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética é atualmente encarada como a forma mais rápida, mais limpa e mais barata para garantir uma parcela significativa das necessidades energéticas do mundo, sendo frequentemente referida como um importante combustível para o futuro [1].

A eficiência energética está no âmago do Pacote Energia-Clima 20-20-20, a Estratégia Europeia para 2020, sendo encarada, em muitos aspetos, como o maior recurso energético da Europa para a concretização do objetivo de 20% de poupança de energia, como referido no Plano Europeu de Eficiência Energética (Comunicação da Comissão Europeia nº 109/2011).

Como referido no mais recente documento europeu relativo à eficiência energética (Diretiva 2012/27/EU do Parlamento Europeu e do Conselho), os Estados-Membros deverão incentivar os municípios e outras entidades públicas a adotarem planos integrados e sustentáveis de eficiência energética que estabeleçam objetivos claros, a promoverem a participação dos cidadãos no seu desenvolvimento e execução e a informá-los devidamente do seu conteúdo e dos progressos realizados em termos de consecução dos objetivos.

As autoridades locais são atores fundamentais na promoção da eficiência energética, na redução das emissões poluentes e no combate às alterações climáticas. As autoridades locais são responsáveis por algumas políticas que têm um impacto real sobre a política energética e as mudanças climáticas.

Enquanto responsáveis pelo ordenamento do território e pela organização do sistema de transportes, as decisões das autoridades locais em matéria de desenvolvimento urbano para, nomeadamente, impedir a expansão urbana podem reduzir a utilização de energia nos transportes. As autoridades locais e regionais podem desempenhar frequentemente um papel regulador, por exemplo, estabelecendo normas de desempenho energético ou prevendo a instalação nos novos edifícios de equipamentos de energias renováveis [2]. Podem desempenhar um papel de facilitador contribuindo para informar e motivar os residentes, as empresas e outras partes interessadas locais sobre modos mais eficazes de utilizar a energia [3]. Face às preocupações com a proteção ambiental, e em particular com a redução da poluição atmosférica, elas têm uma obrigação de promover a melhoria da eficiência energética. As ações de sensibilização são essenciais para que toda a comunidade se empenhe em apoiar as políticas energéticas sustentáveis

Por outro lado, os governos locais podem desempenhar um papel importante com a implementação de medidas de eficiência energética dentro das suas próprias operações, uma

vez que são, muitas vezes, eles próprios grandes consumidores de energia nos edifícios que ocupam e que consomem muita energia, por exemplo, no aquecimento e na iluminação.

As autoridades locais e regionais fornecem também serviços de consumo intensivo de energia, como é o caso dos sistemas de abastecimento de água, das frotas municipais, dos transportes públicos e de outras infraestruturas, como a iluminação pública, áreas em que podem ser feitas melhorias. E mesmo no caso de a autarquia ter adjudicado esses serviços a outros fornecedores, podem ser aplicadas medidas para reduzir a utilização de energia através de contratos públicos de fornecimento e de serviços [4].

Uma melhor utilização das tecnologias disponíveis nos edifícios públicos geridos pelos municípios poderá proporcionar cerca de 30-35% de poupança de energia, sem quaisquer alterações das condições de conforto [5].

Alguns dos edifícios geridos pelos municípios dizem respeito às instalações desportivas que, além de serem caracterizadas por consumos de energia elevados, apresentam necessidades energéticas especiais diferentes de outros tipos de consumidores, como casas ou escritórios [6]. O padrão de consumo destes espaços está fortemente dependente da atividade desportiva desenvolvida, dos horários de funcionamento, do número de frequentadores e da afluência do público.

O elevado consumo de energia verificado nas instalações desportivas, em geral, e em piscinas interiores em particular, apresenta-se como um desafio e uma oportunidade para a conservação de energia e para a melhoria das condições do espaço interior.

Nos complexos desportivos e de lazer a iluminação é fundamental e pode representar até 20% dos custos totais de energia e cerca de 10% em centros com uma piscina [7]. Por isso, a implementação de sistemas eficientes de iluminação em complexos desportivos dá aos gestores destes espaços uma oportunidade para reduzir o consumo de energia, reduzir o montante das faturas energéticas e participar no crescente esforço nacional e global para controlar a atual situação energética, sem comprometer o conforto de funcionários e frequentadores e espetadores.

## **1.1. Objetivos propostos**

No âmbito do Mestrado em Instalações e Equipamentos em Edifícios e ao abrigo do Protocolo de colaboração entre o Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e a Câmara Municipal de Coimbra, foi realizado o Estágio no Departamento de Obras e Gestão de Infraestruturas Municipais daquele Município.

O objetivo principal do Estágio foi o estudo dos sistemas de iluminação de 4 Complexos Desportivos Municipais – três complexos de Piscinas e um Pavilhão Multidesportos: Complexo Desportivo, que engloba o Complexo Olímpico de Piscinas e o Pavilhão Multidesportos; Piscina Rui Abreu e Piscina Luís Lopes da Conceição.

Este estudo tinha como finalidade a caracterização dos sistemas de iluminação atuais por forma a identificar soluções energeticamente eficientes que possam ser implementadas nos diferentes espaços. O estudo dos sistemas de iluminação envolverá, também, a avaliação técnica e económica dos projetos de iluminação propostos para cada um dos espaços analisados.

## **1.2. Estrutura do relatório**

O presente Relatório de Estágio está estruturado em seis capítulos.

No primeiro capítulo é feito o enquadramento do trabalho, indicado o local de realização e identificados os objetivos principais do estágio.

No segundo capítulo refere-se o papel dos Municípios na promoção da eficiência energética, indicando-se o atual enquadramento legislativo relativo à eficiência energética, incluindo no setor do Estado.

No terceiro capítulo é feita uma caracterização sucinta dos quatro Complexos Desportivos Municipais, sendo a caracterização energética dos mesmos espaços apresentada o quarto capítulo.

A avaliação técnico económica dos projetos de iluminação propostos para os vários espaços analisados é apresentada no quinto capítulo.

No sexto e último capítulo são indicadas as principais conclusões deste trabalho.





## 2. Os Municípios e a Eficiência Energética

Vários municípios em todo o mundo têm tratado as questões energéticas a um nível local, tentando desenvolver projetos locais para aproveitamento de recursos renováveis de energia e procurando implementar medidas eficiência energéticas.

Na União Europeia, alguns municípios e outras entidades públicas dos Estados-Membros puseram já em prática abordagens integradas de economia de energia e de aprovisionamento energético, designadamente através de planos de ação em matéria de energia sustentável – como os desenvolvidos no âmbito da iniciativa do Pacto de Autarcas – e de abordagens urbanas integradas que vão além das intervenções individuais no que respeita a edifícios ou modos de transporte [8].

### 2.1. A Eficiência Energética – Enquadramento Legislativo

O aumento da eficiência no uso da energia é uma das formas mais eficazes em termos de custos para melhorar a segurança do aprovisionamento energético e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e outros poluentes. A eficiência energética terá ainda impactos positivos no que respeita às importações de combustíveis fósseis, na promoção da competitividade económica e no estímulo do desenvolvimento de novos mercados de tecnologias e produtos energeticamente eficientes [4].

Em 2012 destaca-se o impulso dado pela União Europeia à economia de energia e à eficiência energética, tendo sido publicada a Diretiva (Diretiva 2012/27/EU do Parlamento Europeu e do Conselho) relativa à eficiência energética. Esta diretiva estabelece um quadro comum de medidas de promoção da eficiência energética na União, a fim de assegurar a realização do objetivo que consiste em atingir 20% em matéria de eficiência energética até 2020, e de preparar caminho para novas melhorias nesse domínio para além dessa data. Estabelece ainda regras destinadas a eliminar os obstáculos no mercado da energia e a ultrapassar as deficiências do mercado e prevê o estabelecimento de objetivos nacionais indicativos em matéria de eficiência energética para 2020. Ao abrigo desta diretiva, os Estados-Membros fixam objetivos indicativos nacionais de eficiência energética com base no consumo de energia primária ou final, nas economias de energia primária ou final, ou na intensidade energética.

Em Portugal, o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) (2008 - 2015), igualmente designado por Portugal Eficiência 2015, (Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008), integra políticas e medidas ambiciosas de eficiência energética, nos termos previstos na Diretiva do Conselho Europeu 2006/32/CE, incluindo todos os setores de atividade e agrupando as medidas em doze programas específicos. A mesma Diretiva estabeleceu, entretanto, a obrigação de todos os Estados Membros publicarem um plano de ação para a eficiência energética, estabelecendo metas de, pelo menos, 1 % de poupança de energia por ano até 2016.

A revisão do PNAEE para o período 2013 -2016 (Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 que aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o período 2013-2016 e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis para o período 2013-2020) foi efetuada de acordo com os princípios da Diretiva n.º 2006/32/CE, mas tendo já em perspetiva o horizonte de 2020, de acordo com a Diretiva n.º 2012/27/UE. No que respeita especificamente ao PNAEE, o principal objetivo da sua revisão foi o de projetar novas ações e metas para 2016, integrando as preocupações relativas à redução de energia primária para o horizonte de 2020, constantes da Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro, relativa à eficiência energética. No que respeita à Eficiência Energética, o PNAEE 2016, prevê uma poupança induzida de 8,2%, próxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016. Os contributos na redução dos consumos energéticos estão distribuídos pelos vários setores de atividade. O atual Plano passa a abranger seis áreas específicas: Transportes; Residencial e Serviços; Indústria; Estado; Comportamentos e Agricultura. Estas áreas agregam um total de 10 programas, com um leque de medidas de melhoria da eficiência energética, orientadas para a procura energética e que, de uma forma quantificável e monitorizável, visam alcançar os objetivos propostos.

A promoção da eficiência energética constitui um dos cinco eixos principais em que assenta a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) (Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010). A ENE 2020 promove a eficiência energética consolidando o objetivo de redução de 20% do consumo de energia final em 2020, através da aposta em medidas comportamentais e fiscais, assim como em projetos inovadores, designadamente otimização dos modelos de iluminação pública e de gestão energética dos edifícios públicos, residenciais e de serviços.

Os edifícios são um elemento central da política da UE em matéria de eficiência energética uma vez que 40% do consumo de energia final (e 36% das emissões de gases com

efeito de estufa) provêm das habitações, escritórios, lojas e outros edifícios. Além disso, este é o segundo setor com maior potencial inexplorado de poupança de energia com boa relação custo-eficácia, a seguir ao setor da energia propriamente dito. A melhoria da eficiência energética dos edifícios terá também importantes benefícios colaterais, incluindo a criação de emprego, a atenuação da pobreza energética, a melhoria do nível da saúde, maior segurança energética e maior competitividade industrial [9].

No setor dos edifícios, a legislação portuguesa incluiu regulamentação relativa ao desempenho energético e à qualidade do ar interior dos edifícios, através do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) (Decreto-lei nº 78/2006), de acordo com exigências e disposições contidas no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) (Decreto-lei nº 79/2006), e no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) (Decreto-lei nº 80/2006). Esta legislação resultou da transposição da primeira Diretiva referente ao desempenho energético dos edifícios (Diretiva 2002/91/EC do Parlamento Europeu e do Conselho).

A reformulação desta diretiva, a Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, foi transposta para o ordenamento jurídico português através do Decreto-Lei n.º 118/2013. Este decreto-lei, que revoga os anteriores, inclui num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

### **2.1.1. A Eficiência Energética no Sector do Estado**

Em conformidade com o Plano Europeu de Eficiência Energética (Comunicação da Comissão Europeia nº 109/2011), que refere que o setor público deve dar o exemplo, nomeadamente através da eficiência energética na despesa pública, da renovação dos edifícios públicos e dos contratos de desempenho energético, foi criado, a nível nacional, o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (Eco.AP) (Resolução do Conselho de Ministros nº 2/2011) e foi publicada uma nova lei sobre a matéria (Decreto-lei nº 29/2011). O Eco.AP traduz-se num conjunto de medidas de eficiência energética para a execução a curto, médio e longo prazo nos serviços, organismos e equipamentos públicos. O novo Decreto-lei estabelece o regime jurídico de contratação pública para a formação e execução dos contratos

de desempenho energético que revistam a natureza de contratos de gestão de eficiência energética, a celebrar entre os serviços e organismos da Administração Pública e as ESE, para implementação de medidas de eficiência energética em edifícios públicos e equipamentos afetos à prestação de serviços públicos.

O programa ECO. AP considera três áreas de intervenção:

- Desenvolvimento de um Barómetro de Eficiência Energética, para promover a competição entre as várias entidades públicas, já que permite com base numa bateria de indicadores, avaliar e comparar o desempenho energético de cada serviço e organismo, sendo os rankings divulgados publicamente.
- Criação de um procedimento específico de contratação pública que, sendo mais ágil, permite a realização dos contratos de eficiência energética de forma mais célere aplicado às ESE – Empresas de Serviço de Energia, que estejam devidamente registadas e qualificadas.
- Desenvolvimento de planos de ação para a eficiência energética para a implementação e disseminação das melhores práticas relacionadas com a eficiência energética dentro da administração pública.

Este programa enfrenta dois obstáculos principais: o quadro jurídico existente para contratação de serviços dentro do setor público não é completamente adequado para os contratos de desempenho energético, uma vez que não foi desenvolvido para esse fim ou para o meio de contratos de longo prazo; a experiência do mercado da eficiência energética nos contratos de desempenho está faltando, bem como a consciencialização das empresas de financiamento para este modelo de contratação [10].

## **2.2. O Papel dos Municípios na Promoção da Eficiência Energética**

Como referido na Diretiva eficiência 2012, os Estados-Membros deverão incentivar os municípios e outras entidades públicas a adotarem planos integrados e sustentáveis de eficiência energética que estabeleçam objetivos claros, a promoverem a participação dos cidadãos no seu desenvolvimento e execução e a informá-los devidamente do seu conteúdo e dos progressos realizados em termos de consecução dos objetivos. Tais planos podem originar economias de energia consideráveis, especialmente se forem postos em prática através de sistemas de gestão energética que permitam que os organismos públicos interessados girem melhor o seu consumo de energia. Deverá ser incentivado o intercâmbio de experiências entre cidades e outros organismos públicos no tocante às experiências mais inovadoras.

No âmbito das iniciativas mais recentes, o Pacto de Autarcas que foi proposto pela Comissão Europeia após a adoção, em 2008, do Pacote Energia-Clima da União Europeia, é o principal movimento europeu que envolve autarquias locais e regionais voluntariamente empenhadas no aumento da eficiência energética e na utilização de fontes de energias renováveis nos respetivos territórios. Através deste compromisso, os signatários pretendem atingir e ultrapassar o objetivo da União Europeia de redução de emissões de CO<sub>2</sub> em 20% até 2020 (relativamente aos níveis de 1990). Este compromisso formal deverá ser alcançado através da implementação de Planos de Ação para a Energia Sustentável (PAES), que definem as atividades e medidas previstas para atingir as metas, assim como os prazos e responsabilidades atribuídos [4].

São várias as razões para os governos locais promoverem medidas de eficiência energética [4].

- São, muitas vezes, eles próprios grandes consumidores de energia nos edifícios que ocupam e que consomem muita energia, por exemplo, no aquecimento e na iluminação.
- Fornecem também serviços de consumo intensivo de energia, como é o caso dos sistemas de abastecimento de água, das frotas municipais, dos transportes públicos e de outras infraestruturas, como a iluminação pública, áreas em que podem ser feitas melhorias.
- Podem desempenhar frequentemente um papel regulador, por exemplo, estabelecendo normas de desempenho energético ou prevendo a instalação nos novos edifícios de equipamentos de energias renováveis.
- Podem contribuir para informar e motivar os residentes, as empresas e outras partes interessadas locais sobre modos mais eficazes de utilizar a energia. Face às preocupações com a proteção ambiental, e em particular com a redução da poluição atmosférica, elas têm uma obrigação de promover a melhoria da eficiência energética.
- Estão numa posição vantajosa no que diz respeito à utilização dos recursos renováveis locais, incluindo os resíduos. Sendo, por vezes, responsáveis pela produção e distribuição de energia e água para os habitantes e para os vários atores económicos, podem promover a produção local de energia e a utilização de fontes de energia renováveis.
- Estão envolvidos na aquisição de grandes quantidades de bens – tais como papel, combustível, materiais de construção, lâmpadas e veículos.
- Como grande empregador, pode influenciar diretamente os padrões de consumo energético dos seus funcionários.



### **3. Caraterização dos 4 Complexos Desportivos de Piscinas e Pavilhão Multidesportos**

Neste capítulo é feita uma caraterização sucinta dos 4 Complexos Desportivos analisados: Complexo Desportivo, que engloba o Complexo Olímpico de Piscinas e o Pavilhão Multidesportos; Piscina Rui Abreu e Piscina Luís Lopes da Conceição.

#### **3.1. Complexo Desportivo**

O complexo desportivo, situado na Rua D Manuel I, foi inaugurado em 2005 e é composto por duas piscinas: uma piscina de aprendizagem e uma piscina de competição e um pavilhão multidesportos.

##### **3.1.1. Complexo Olímpico de Piscinas**

O complexo olímpico das piscinas, com capacidade para 670 espetadores e 505 nadadores, está organizado em 5 pisos, que são utilizados nas seguintes funções:

- Nível 5 – Terraço Técnico;
- Nível 4 – Bancadas de público, zonas de circulação e instalações sanitárias;
- Nível 3 – Bancadas de público, zonas de circulação e instalações sanitárias e salas administrativas;
- Nível 2 – Zonas de circulação, balneários, instalações sanitárias, piscina olímpica e piscina de aprendizagem;
- Nível 1 – Áreas Técnicas.

Os tanques existentes têm as seguintes características:

- Piscina Olímpica - preparada para natação de competição (incluindo provas internacionais de alta competição em piscina de 50 metros), com 50x25 m de dimensão, tem uma profundidade que converge de 2,0m para 2,225m, 10 pistas e janelas subaquáticas;
- Piscina de aprendizagem - com 25x12,5 m, uma profundidade que varia de 1,20 a 1,80m e 6 pistas é essencialmente usada para formação.

Na Figura 3.1 é apresentada uma imagem do interior da piscina olímpica.



Figura 3. 1 – Interior da Piscina Olímpica.

### 3.1.2. Pavilhão Multidesportos

O pavilhão multidesportos (ver Figura 3.2) dispõe de uma arena de 50x30m, equipada com um piso de madeira flutuante, destinada à prática em treino, competição e lazer de diversas modalidades *indoor*: andebol, basquetebol, voleibol, futsal, patinagem, desportos gímnicos e de combate, entre outros. Possui bancadas para 2239 espetadores (1348 em bancada fixa e 891 na bancada amovível), lugares para deficientes e para a imprensa.

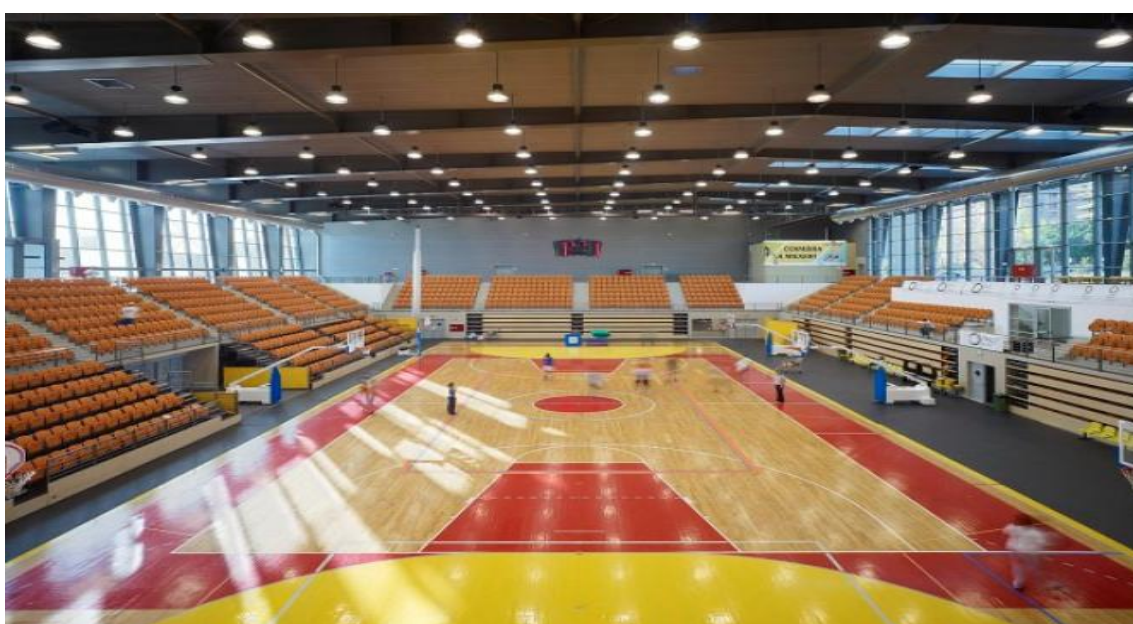


Figura 3. 2 – Interior do Pavilhão Multidesportos.



O Pavilhão Multidesportos dispõe de 5 pisos, que são utilizados nas seguintes funções:

- Nível 5 – Terraço Técnico;
- Nível 4 – Bancadas de público, zonas de circulação e instalações sanitárias;
- Nível 3 - Bancadas de público, zonas de circulação e instalações sanitárias;
- Nível 2 - Bancadas de público, balneários, instalações sanitárias e pavilhão;
- Nível 1 – Áreas Técnicas.

### 3.2. Piscina Rui Abreu

O complexo de piscinas Rui Abreu, localizado na Pedrulha, foi inaugurado a 5 de Setembro de 2004, tendo sido preparada para natação de formação, lazer e competição (Figura 3.3). Dispõem de bancadas para cerca de 200 espetadores e 80 nadadores, zona de convívio e bar.

Esta unidade é composta por dois tanques, designados por tanque de 25m e tanque de aprendizagem. O tanque de aprendizagem destina-se a aulas de aprendizagem e de reabilitação, enquanto o tanque de 25m se destina ao regime livre e à prática desportiva.

O edifício das piscinas dispõe de 3 pisos, que são utilizados nas seguintes funções:

- Piso 1 – Snack-bar, bancadas e espaços técnicos;
- Piso 0 – Tanques, bancadas, balneários, receção, gabinetes e salas de apoio;
- Piso -1 – Espaços técnicos.



Figura 3. 3 – Entrada da Piscina Rui Abreu.

### 3.3. Piscina Luís Lopes da Conceição

O complexo de piscinas Luís Lopes da Conceição, localizado em S. Martinho, foi inaugurado a 30 de Agosto de 2005 e é semelhante ao complexo de piscinas Rui Abreu, quer em termos de espaço físico e respetivas funções, quer em termos de dimensões dos tanques e respetiva utilização (Figura 3.4). A única diferença reside no número de espetadores que as bancadas comportam - 160 espetadores e no número de nadadores - 50 nadadores.



Figura 3. 4 – Interior da Piscina Luís Lopes da Conceição.

## 4. ANÁLISE ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

Os 4 Complexos Desportivos analisados consomem energia elétrica e gás natural. A energia elétrica é utilizada em iluminação, climatização, água quente sanitária e tratamento de água (à exceção do Pavilhão Multidesportos) e o gás natural é usado para aquecimento ambiente, aquecimento de águas sanitárias (AQS) e para aquecimento da água nos tanques (à exceção do Pavilhão Multidesportos).

À semelhança da caracterização dos edifícios, a análise energética é apresentada individualmente neste capítulo.

### 4.1. Complexo Desportivo

A instalação do Complexo Desportivo é alimentada da rede elétrica de Média Tensão (MT) da EDP, por uma linha trifásica de 15000 V. A transformação para Baixa Tensão (BT) é realizada através de um Posto de Transformação (PT), equipado com um transformador com uma potência nominal de 1000 kVA.

A partir do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) é feita a distribuição de energia elétrica para os Quadros Gerais (QG) dos edifícios do pavilhão multidesporto e da piscina olímpica.

Destes quadros gerais partem as alimentações para os quadros de serviços gerais (iluminação e tomadas) de cada piso e para os quadros específicos de diferentes utilizações, como os sistemas de bombagem, sistemas de desumidificação, sistemas de climatização e ventilação, caldeiras, elevadores, entre outros.

Na Figura 4.1 apresenta-se a evolução dos consumos mensais de energia elétrica verificados no período 2008-2012 e na Figura 4.2 são indicados os custos correspondentes. Estes consumos referem-se a todo o Complexo Desportivo (Complexo Olímpico de Piscinas e Pavilhão Multidesportos).

De acordo com o gráfico apresentado na Figura 4.1, verifica-se que o perfil de consumo de energia elétrica não varia muito ao longo do ano, com exceção da estação de arrefecimento. Isso deve-se a um consumo reduzido dos sistemas de AVAC nesse período, assim como um uso pouco frequente do pavilhão.

Comparando os gráficos de consumos e custos (ver Figura 4.1 e Figura 4.2) pode-se verificar que a tendência de redução de consumos é acompanhada por uma subida de encargos

(mais notório para o ano de 2012). Este facto evidencia o aumento dos custos de energia elétrica ao longo deste período, bem como a alteração do IVA de 6% para 23%.

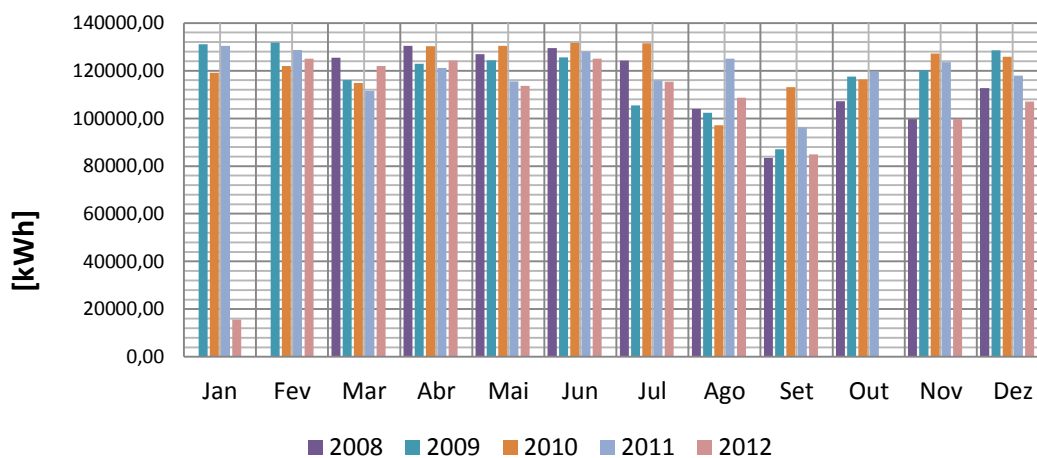


Figura 4. 1 – Evolução dos consumos de energia elétrica do Complexo Desportivo (2008-2012).

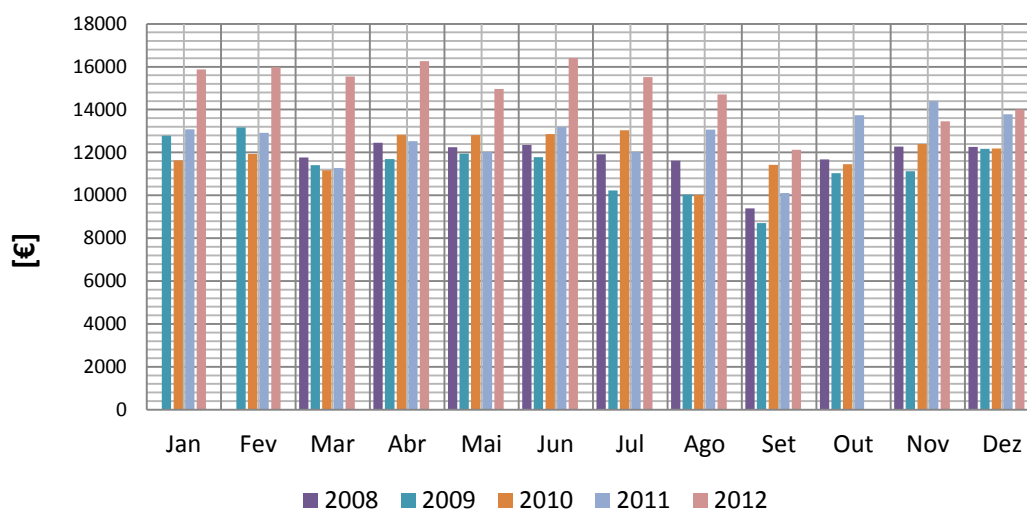


Figura 4. 2 – Evolução dos encargos com energia elétrica do Complexo Desportivo (2008-2012).

#### 4.1.1. Complexo Olímpico de Piscinas

##### 4.1.1.1. Principais Sistemas Energéticos

As principais utilizações de energia do complexo olímpico, para além da iluminação, são as seguintes:

- Central de tratamento de água;
- Central térmica;
- Aquecimento de águas sanitárias;
- Climatização.

De uma forma sucinta, o funcionamento destes setores pode ser descrito da seguinte forma:

- Na central de tratamento de água são efetuadas as operações de filtração, tratamento, limpeza de filtros e aquecimento da água para os dois tanques.
- Na central térmica é gerada água quente, que depois é distribuída para o aquecimento da água dos tanques, para aquecimento de águas sanitárias e para alguns sistemas de climatização.
- Os principais sistemas de climatização são compostos por unidades de tratamento de integrando sistemas de ciclo frigorífico, com capacidade de desumidificação, para tratamento do ar nas naves e ainda por um conjunto UTA simples e ventiladores de extração, para tratamento de ar dos balneários e outros espaços.

O consumo global de energia do Complexo Olímpico de Piscinas em 2009 foi de 634,63 tep [11], sendo 50.11% de eletricidade e 49.89% de gás natural. A desagregação do consumo total de energia pelas utilizações finais é a apresentada na Figura 4.3 [11].

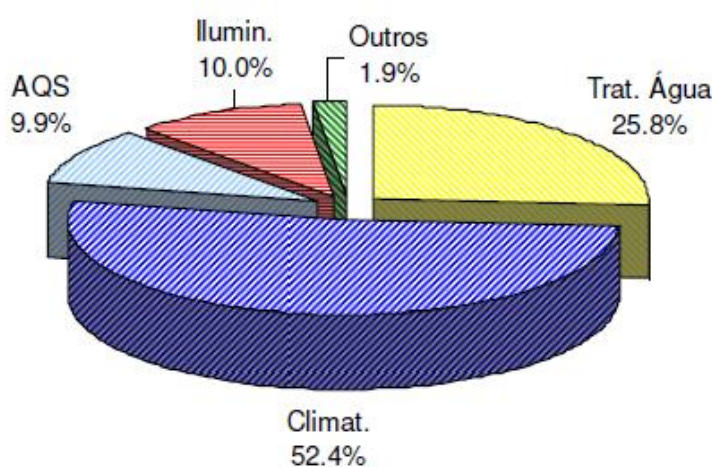


Figura 4. 3 – Desagregação do consumo total de energia Complexo Olímpico de Piscinas.

Da análise do diagrama da Figura 4.3 pode-se concluir que a climatização é responsável pela maior fatia de consumo, ultrapassando os 50% do consumo total, seguindo-se o tratamento de água. Estes valores de consumo são justificados pelas características de funcionamento do edifício.

A desagregação dos consumos de cada tipo de energia é apresentada na Figura 4.4 [11].



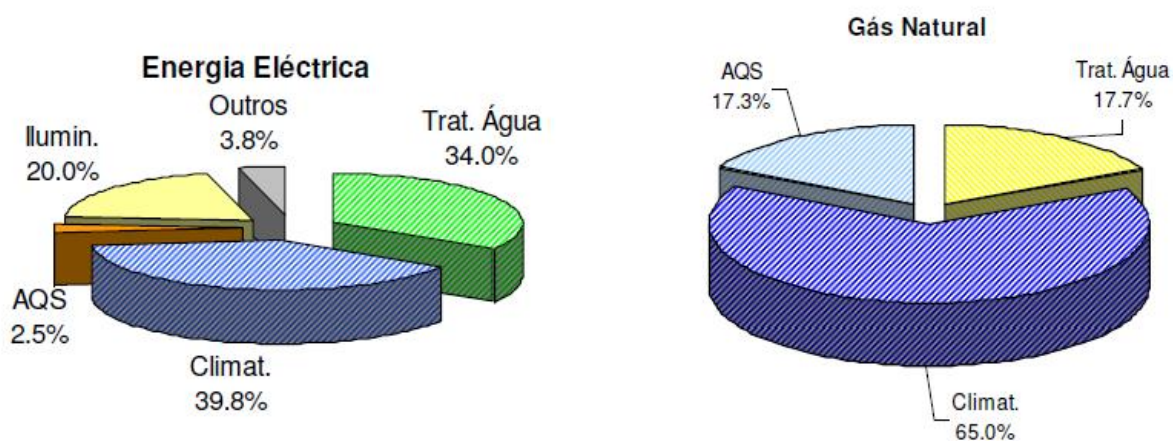


Figura 4. 4 – Desagregação dos consumos de energia do Complexo Olímpico de Piscinas.

Tanto para a energia elétrica como para o gás natural, a climatização e o tratamento de água são as utilizações responsáveis pela maior fatia de consumos. Este consumo elevado está associado ao funcionamento contínuo desses sistemas a fim de garantir a operacionalidade do edifício.

#### 4.1.1.2. Sistema atual de iluminação do Complexo Olímpico de Piscinas

Para se caracterizar o sistema atual de iluminação do edifício teve que se determinar um conjunto de parâmetros, assim como fazer o levantamento do equipamento luminotécnico instalado no edifício.

Contabilizaram-se no edifício um total de 697 luminárias, distribuídas por fluorescentes (T8), Fluorescentes Compactas (CFL), Iodetos Metálicos (IM) e de Halogéneo (H), conforme se apresenta na Figura 4.5. De acordo com os valores constantes do gráfico da Figura 4.5, verifica-se que as lâmpadas CFL são as mais usadas.

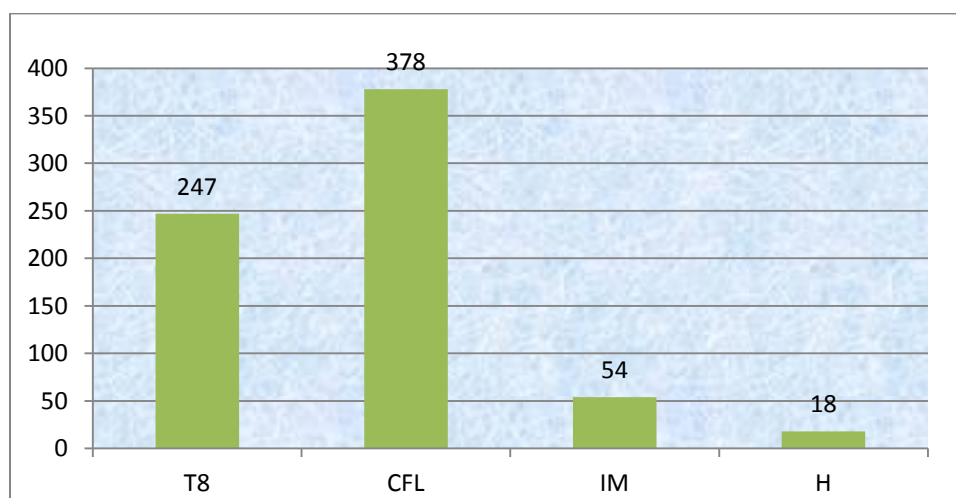


Figura 4. 5 – Luminárias existentes na Piscina Olímpica por tipo de lâmpada.

Na Tabela 4.1 apresenta-se o levantamento das cargas de iluminação do nível 1 do Complexo Olímpico de Piscinas. O levantamento das cargas de iluminação dos restantes níveis encontra-se no Anexo 1.

**Tabela 4. 1 – Levantamento das cargas de Iluminação do nível 1 do Complexo Olímpico de Piscinas.**

Nível 1			
Designação dos Espaços	Equipamento		
	Tipo de Lâmpada	Nº Luminárias	Nº e Potência das lâmpadas por luminária
Área Técnica	T 8	87	1*58 W
Ante Camara de Descarga	T 8	2	2*58
Ante Camara de Descarga 2	T 8	2	2*58
Balneário Masculino	T 8	2	1*58
	T 8	1	2*58
	CFL	2	2*11
Balneário Feminino	T 8	2	1*58
	T 8	1	2*58
	CFL	2	2*11
Sala de Pessoal	T 8	2	2*58
Arrecadação 1	T 8	3	2*58
Arrecadação 2	T 8	3	2*58

Detetaram-se algumas divergências entre o projeto previsto de iluminação e os sistemas efetivamente instalados. Nomeadamente, existem diferenças em termos de número de luminárias, de tipo e de potência. Nalguns espaços o número de luminárias instaladas é superior ao projetado, noutros espaços, as luminárias instaladas são de um tipo diferente do indicado no projeto.

A fim de avaliar se a iluminação atualmente instalada no edifício é adequada para os fins a que se destina recorreu-se a um *software* apropriado para o efeito, o programa Dialux que simula o sistema de iluminação para um espaço e apresenta uma interface gráfica do cenário de iluminação. O Dialux é um programa gratuito, financiado por vários fabricantes de luminárias, com o objetivo de auxiliar os engenheiros e arquitetos nos projetos de iluminação interior e exterior. Este *software* permite o cálculo dos níveis de iluminação, da densidade de potência, da densidade de potência relativa, da quantidade de luminárias necessárias para garantir a iluminância média requerida e da uniformidade da iluminação, etc.

Os parâmetros mais influentes analisados pelo Dialux são a geometria do espaço ( $A$  e  $Pd$ ), o coeficiente de reflexão das superfícies (chão, paredes, teto e mobílias), o fator de depreciação  $Fd$ , a distribuição fotométrica das luminárias, a altura do plano de trabalho e a altura de montagem da luminária (embutida/pendular). O valor de  $Fd$  está relacionado com a seleção do tipo de ambiente limpo/sujo e do período de manutenção (neste caso selecionou-se “espaço limpo com manutenção trienal”, que corresponde a um  $Fd = 0,67$ ).

Como *output*, o programa calcula o nível de iluminação no plano de trabalho, a uniformidade da luz no espaço ( $E_{min} / E_m$ ), que por norma não deve ser inferior a  $1/3$ , a densidade relativa, entre outros. A uniformidade de iluminação é medida pela relação entre a iluminância mínima e a média obtida na área iluminada. Uma boa uniformidade na iluminação é necessária, pois evita sombras acentuadas e assegura conforto visual para a prática da atividade exercida. O espaçamento entre as luminárias e o distanciamento delas em relação às paredes tem uma contribuição direta no resultado da uniformidade da iluminação.

Apresenta-se na Tabela 4.2 um resumo da qualidade do sistema atual de iluminação do edifício. A qualidade da iluminação que consta nesta tabela foi avaliada com recurso a um luxímetro e complementada pela simulação com o programa Dialux. Conforme se pode constatar nesta tabela, existem espaços em que o sistema atual de iluminação é insuficiente.

**Tabela 4. 2 – Resumo da avaliação do sistema atual de iluminação artificial na Piscina Olímpica.**

Espaços tipo	Valores Recomendados		Valores Medidos com Luxímetro	Valores Calculados pelo Dialux	
	Em	URG	Em	Em	URG
Receção	300	22	305	234	21
Gabinets	500	19	450	493	16
Circulações	100	28	40	130	20
Balneários P50	200	25	490	504	26
Balneários P25	200	25	45	136	22
WC	200	25	32	270	18
Nave Olímpica	300		350	589	
Nave Aprendizagem	300		170	124	

Conclui-se, pela análise da Tabela 4.2, que os sistemas de iluminação instalados no edifício são energeticamente ineficientes e a qualidade de iluminação, num número significativo de espaços, é fraca. Com o objetivo de melhorar os níveis de iluminação verificados, apresentam-se no Capítulo 5 alguns sistemas de iluminação que, a serem



instalados, elevarão os níveis de iluminação dos espaços para os níveis recomendados e, ao mesmo tempo, reduzirão substancialmente o consumo de energia elétrica do edifício.

Face ao exposto, verifica-se que são poucos os espaços onde os níveis de iluminância são os adequados às funções a desempenhar, destacando-se os números bastante elevados nos balneários da piscina de 50m (Figura 4.6).

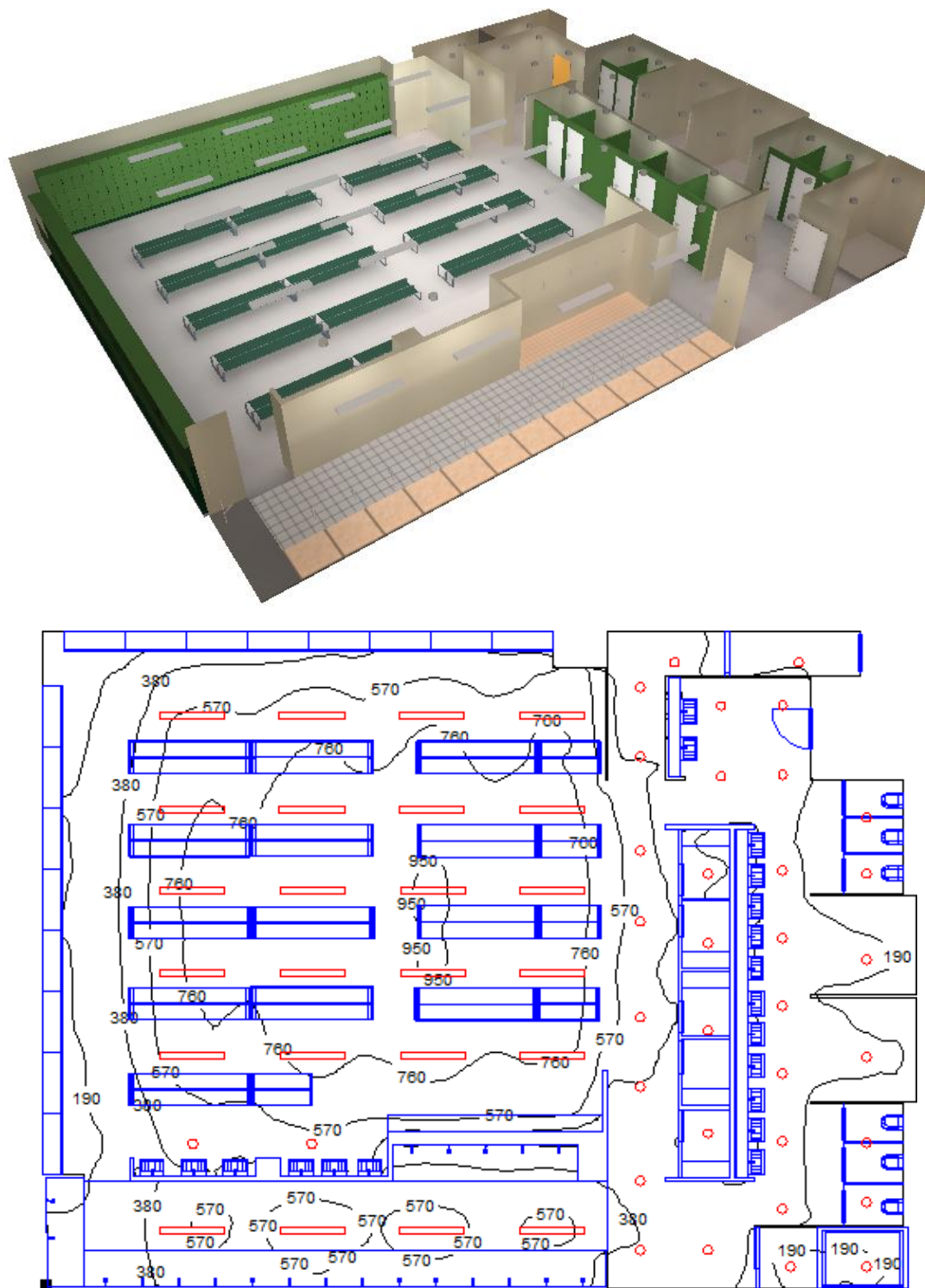


Figura 4.6 – Simulação, efetuada pelo Dialux, do sistema de iluminação existente no balneário P50.

Como se pode ver na figura 4.6 nos balneários da piscina de 50m os níveis de iluminância são demasiado elevados (observam-se valores na ordem dos 950lux na área de vestuário, quando a norma exige 200lux), que vem dum sobredimensionamento causando, assim, um consumo de energia elétrica maior do que seria desejável.

Em alguns espaços (circulações; WC; balneários P25) a divergência entre os valores de iluminância medido pelo luxímetro e os calculados pelo Dialux deve-se pelo fato de alguns equipamentos possuírem apenas metade do número de lâmpadas que foi projetado. Os resultados das simulações efetuadas para as tecnologias existentes nos diferentes espaços são apresentados no Anexo 2.

#### 4.1.1.3. Diagrama de Carga

Durante o estágio fez-se a monitorização do quadro geral e dos quadros responsáveis pela iluminação em cada piso (19-07-2013 a 02-08-2013), registando assim os respetivos consumos, o que permitiu identificar um perfil diário típico apresentado na Figura 4.7.

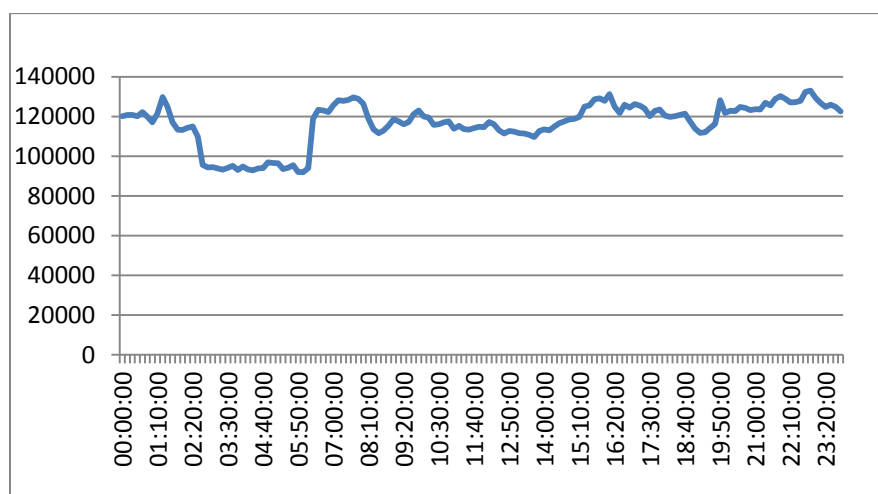


Figura 4.7 – Diagrama de carga global do Complexo Olímpico de Piscinas.

A análise do diagrama de carga permite identificar os períodos de funcionamento do edifício, apresentando uma carga mais reduzida durante a noite, mas que ainda assim são sempre da ordem dos 100kW. Este consumo elevado em permanência está associado aos sistemas de tratamento de água e de climatização que trabalham em contínuo para garantir a operacionalidade do edifício.

## 4.1.2. Pavilhão Multidesportos

### 4.1.2.1. Principais Sistemas Energéticos

As principais utilizações de energia dentro deste edifício, para além da iluminação, são as seguintes:

- Climatização da nave principal, balneários e gabinetes de apoio;
- Aquecimento de Aguas sanitárias

Esses setores têm o seguinte funcionamento:

- Na central térmica é gerada água quente em duas caldeiras a gás natural, que é depois utilizada na climatização e no aquecimento de águas sanitárias dos balneários e das casas de banho.
- Os principais sistemas de climatização do pavilhão são compostos por unidades do tipo *roof-top*, complementadas por uma unidade de tratamento de ar novo, duas unidades de ventilação e ainda vários sistemas *split*.

A desagregação do consumo total de energia pelas utilizações finais do Pavilhão Multidesportos é a apresentada na Figura 4.8 [11].

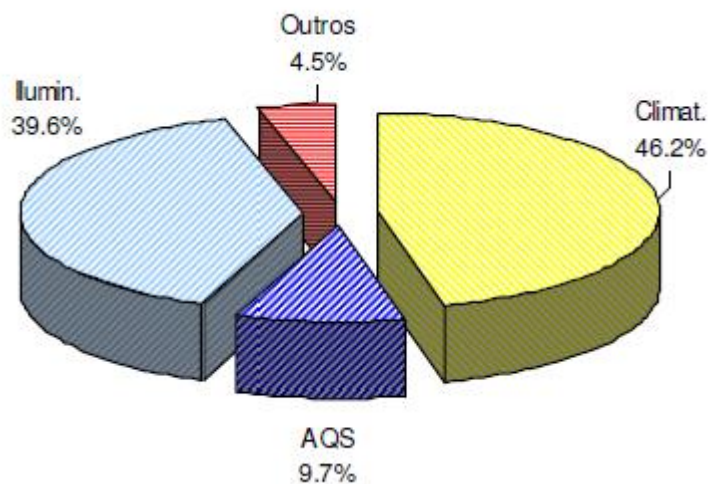


Figura 4. 8 – Desagregação do consumo total de energia no Pavilhão Multidesportos.

No Pavilhão Multidesportos a climatização e a iluminação são as utilizações maiores consumidoras. A elevada percentagem de consumo em iluminação é justificada pelas atividades que decorrem neste espaço.

Este mesmo resultado é comprovado quando observamos a desagregação dos consumos das duas formas de energia usadas no Pavilhão, apresentada na Figura 4.9 [11].

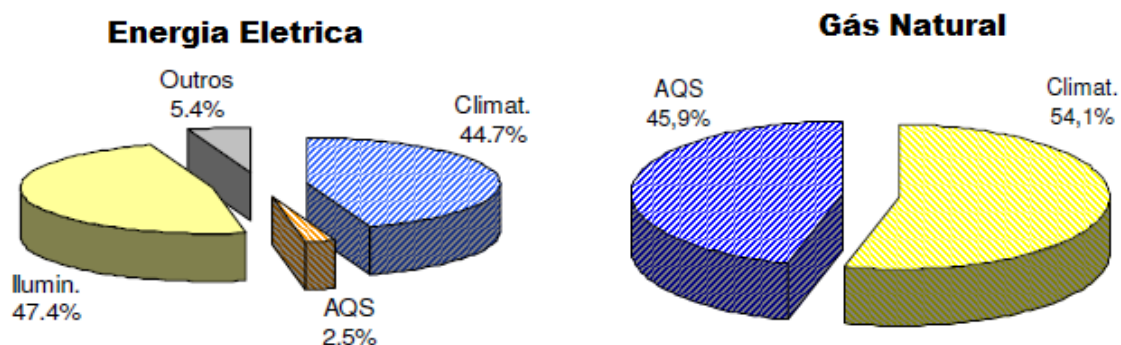


Figura 4. 9 – Desagregação dos consumos de energia do Pavilhão Multidesportos pelas várias utilizações.

O gás natural é usado para o aquecimento do espaço e para aquecimento das águas sanitárias, sendo o consumo para climatização ligeiramente superior.

#### 4.1.2.2. Sistema Atual de Iluminação no Pavilhão Multidesportos

A distribuição das 515 luminárias deste edifício por tipo de lâmpada está apresentada na Figura 4.10. À semelhança do que se verifica no Complexo Olímpico das Piscinas, também no Pavilhão Multidesportos as lâmpadas CFL são as mais usadas.

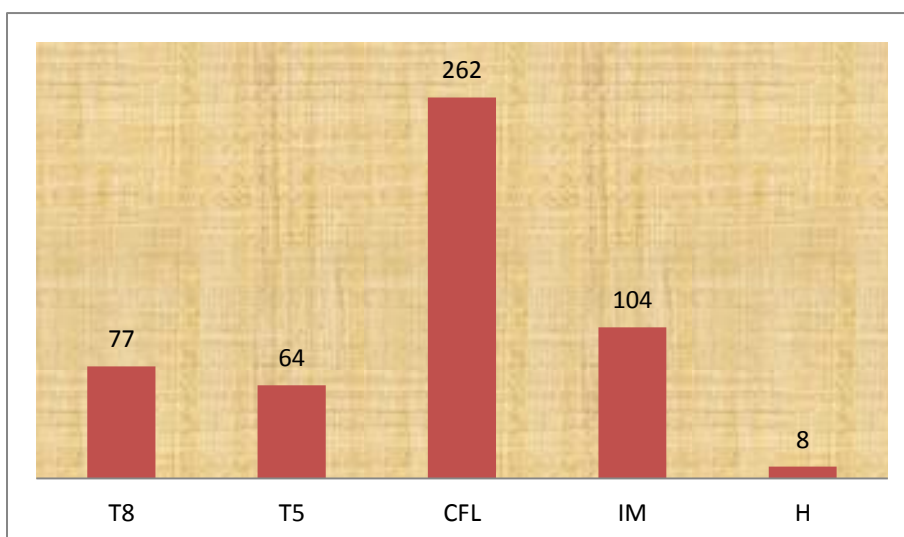


Figura 4. 10 – Luminárias existentes no Pavilhão por tipo de lâmpada.

Na Tabela 4.3 apresenta-se o levantamento das cargas de iluminação do nível 3 do Pavilhão Multidesportos. O levantamento das cargas de iluminação dos restantes níveis encontra-se no Anexo 1.

**Tabela 4. 3 – Levantamento das cargas de Iluminação do nível 3 do Pavilhão Multidesportos.**

<b>Nível 3</b>			
<i>Designação de Espaço</i>	Equipamentos		
	Tipo de Lâmpada	Nº de Luminárias	Nº e potência das lâmpadas por luminárias
<i>Átrio de Circulação</i>	Fl. Compacta	11	2*18
<i>I.S. Feminina Publica</i>	T8	4	1*58
	Fl. Compacta	8	2*18
<i>I.S. Masculina Publica</i>	T8	5	1*58
	Fl. Compacta	4	2*18
<i>Circulação</i>	T8	2	1*58
<i>Circulação</i>	T8	8	2*58
<i>Acesso Evacuação de Lixos</i>	T8	1	1*58
<i>Balcão/Cafetaria</i>	Fl. Compacta	3	2*18
	Halogénio	4	1*50
<i>Sala da Cafeteria/Restaurante</i>	Fl. Compacta	6	2*18
	Fl. Compacta	8	2*18
<i>Circulação</i>	T8	4	1*58
<i>I.S. Masculina Publica</i>	Fl. Compacta	11	2*18
<i>I.S. Feminina Publica</i>	Fl. Compacta	13	2*18

Apresenta-se na Tabela 4.4 um resumo da qualidade do sistema atual de iluminação do edifício. A qualidade da iluminação que consta nesta tabela foi avaliada com recurso a um luxímetro e complementada pela simulação com o programa Dialux. Conforme se pode constatar nesta tabela, existem espaços em que o sistema atual de iluminação é insuficiente.

**Tabela 4. 4 – Resumo da avaliação do sistema atual de iluminação artificial no Pavilhão Multidesportos.**

Espaços tipo	Valores Recomendados		Valores Medidos com Luxímetro	Valores Calculados pelo DIALux	
	Em	UGR	Em	Em	UGR
Receção	300	22	320	342	25
Gabinetes	500	19	480	630	14
Circulações	100	28	40	96	23
Balneários	200	25	80	152	23
WC	200	25	45	199	21

Conclui-se, pela análise da Tabela 4.4, que os sistemas de iluminação instalados no edifício são ligeiramente insatisfatórios. Uma vez mais deteta-se nalguns espaços (circulações; WC; balneários) a divergência de valores obtidos pelo luxímetro e os calculados

no Dialux que deve-se ao fato de alguns equipamentos possuírem apenas metade do número de lâmpadas para que foi projetado.

Na Figura 4.11 apresentam-se os resultados das simulações efetuadas num gabinete tipo.

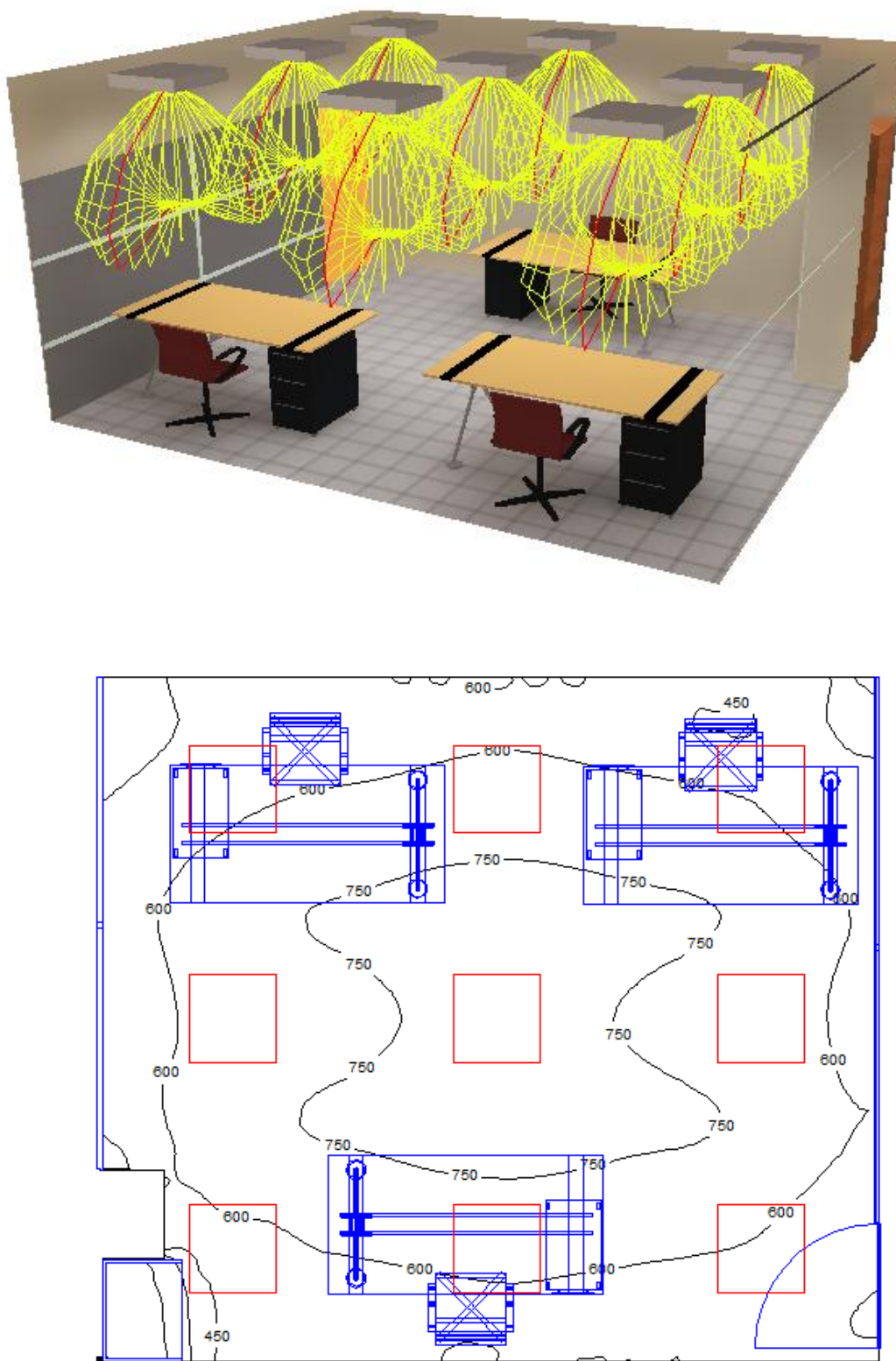


Figura 4. 11 – Simulação efetuada pelo Dialux, do sistema de iluminação existente no Gabinete-Secretariado.



Pela análise da simulação efetuada no gabinete acima ilustrado nota-se algum sobredimensionamento, registando valores na ordem dos 750 lux na área de trabalho, valor esse elevado para o tipo de espaço que é (recomenda-se 500), o que pode causar algum desconforto.

Os resultados das simulações efetuadas para as tecnologias existentes nos diferentes espaços são apresentados no Anexo 2.

## 4.2. Piscina Rui Abreu

A instalação das Piscinas Rui Abreu é alimentada da rede de Baixa tensão da EDP, por uma linha trifásica de 400/230 V. Do Quadro Geral de Entrada, localizado no piso 0, partem as alimentações para os quadros dos sistemas de bombagem, dos sistemas de ventilação, desumidificação e climatização, para a central térmica e para os quadros gerais dos pisos, associados às restantes funções, sobretudo iluminação e tomadas.

Na Figura 4.10 apresenta-se a evolução dos consumos mensais de energia elétrica verificados no período 2008-2012 e na Figura 4.11 são indicados os custos correspondentes.

Também no caso da Piscina Rui Abreu, à semelhança do que acontecia no Complexo Desportivo, pode-se verificar que a tendência de redução de consumos é acompanhada por uma subida de encargos (ver Figura 4.12 e Figura 4.13).

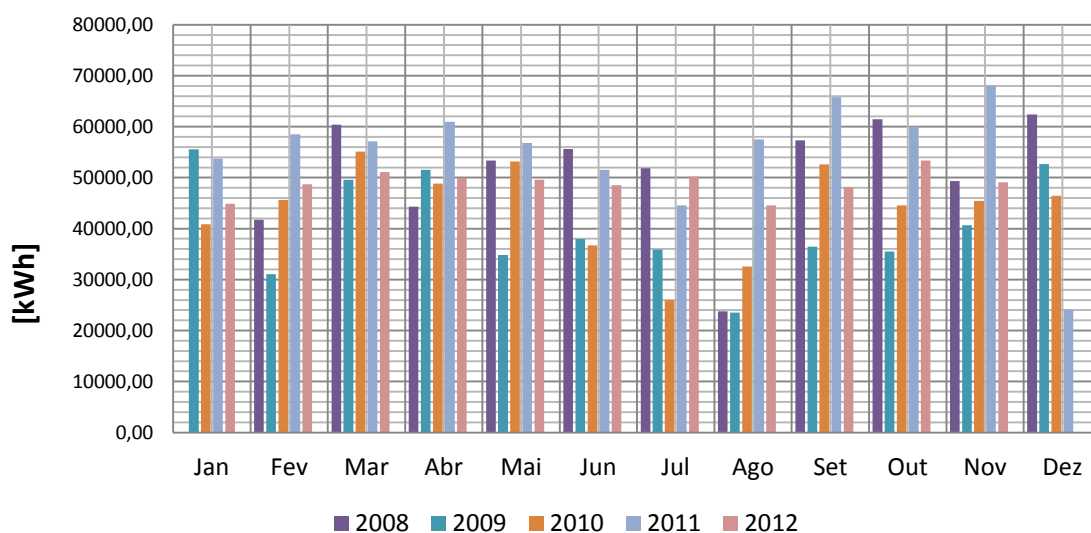


Figura 4. 12 — Evolução dos consumos de energia elétrica da piscina Rui Abreu (2008-2012).

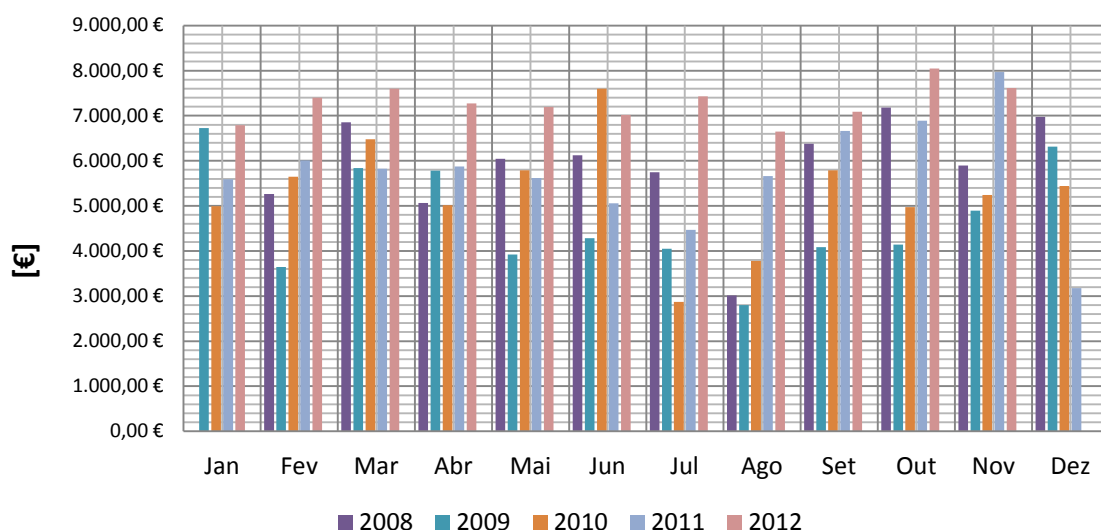


Figura 4. 13 – Evolução dos encargos com energia elétrica da piscina Rui Abreu (2008-2012).

#### 4.2.1. Principais Sistemas Energéticos

As principais utilizações de energia nas piscinas, para além da iluminação, são as seguintes:

- Central de tratamento de água;
- Central térmica;
- Aquecimento de águas sanitárias
- Climatização

De uma forma sucinta o funcionamento destes setores pode ser descrito da seguinte forma:

- Na central de tratamento de água são efetuadas as operações de filtragem, tratamento, limpeza de filtros e aquecimento da água para os dois tanques.
- Na central térmica é gerada água quente, que depois é distribuída para o aquecimento da água dos tanques, para aquecimento de águas sanitárias e para alguns sistemas de climatização.
- Os principais sistemas de climatização são compostos por sistemas mistos com permutadores de água quente e unidades de expansão direta com capacidade de desumidificação, para tratamento do ar da nave, por uma UTAN para tratamento do ar dos balneários e de vários UCA's (split e multi-split) para climatização de espaços técnicos e administrativos.



A desagregação do consumo total de energia pelas utilizações finais da Piscina Rui Abreu é a apresentada na Figura 4.14 [12]. Neste Complexo, apesar de a climatização ser responsável por quase um quarto dos consumos de energia, é o tratamento de água que é o maior consumidor, com um consumo quase tão elevado como as restantes utilizações.

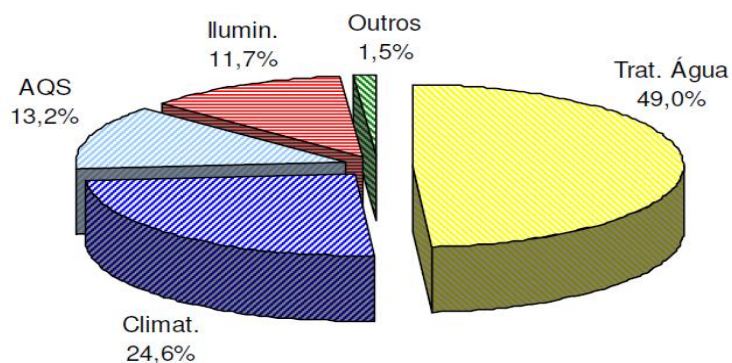


Figura 4. 14 – Desagregação do consumo total de Energia da piscina Rui Abreu.

A desagregação dos consumos de cada tipo de energia é apresentada na Figura 4.15 [12]. Tanto nos consumos de energia elétrica como nos consumos de gás natural, a maior fatia de consumo é da responsabilidade dos sistemas de tratamento de água.

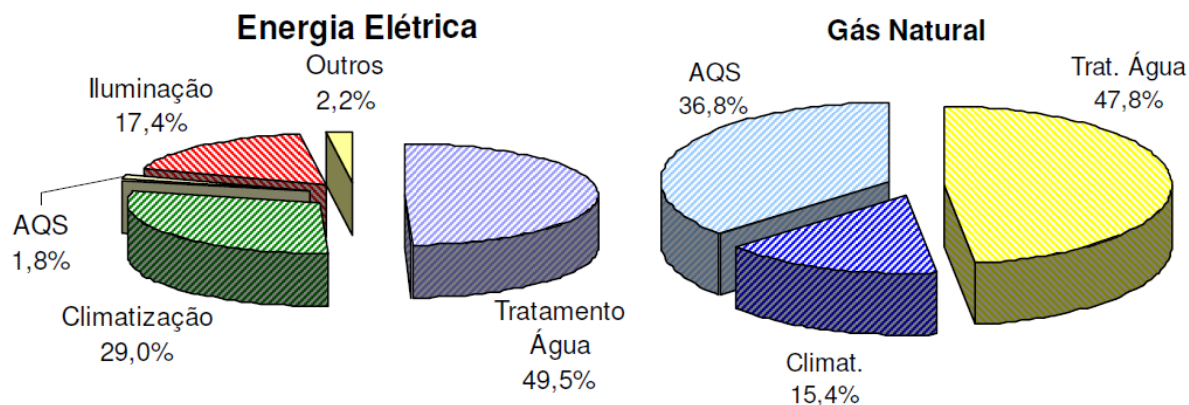


Figura 4. 15 – Desagregação dos consumos de energia da piscina Rui Abreu.

#### 4.2.2. Sistema Atual de Iluminação na Piscina Rui Abreu

A distribuição das 268 luminárias deste edifício por tipo de lâmpada está apresentada na Figura 4.16. Neste edifício as lâmpadas CFL e T8 são as mais usadas.

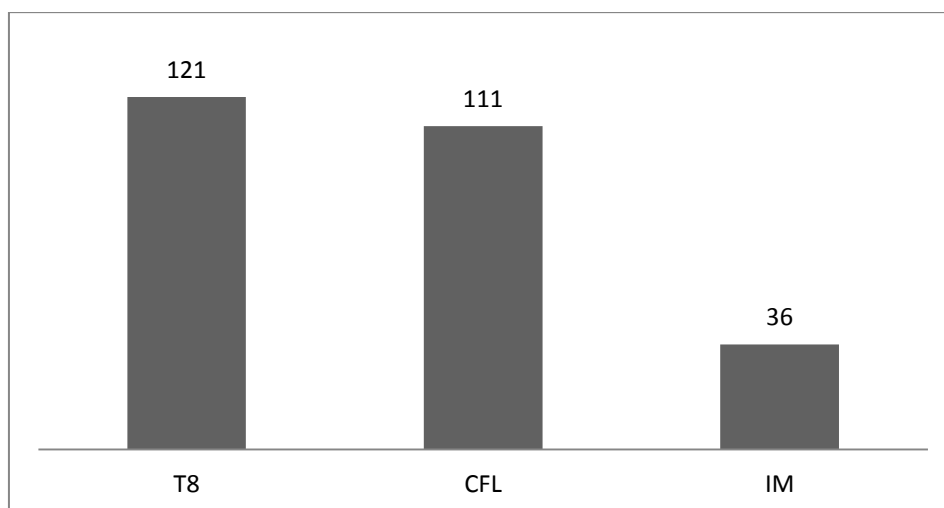


Figura 4. 16 – Luminárias existentes na piscina Rui Abreu por tipo de lâmpada.

Na Tabela 4.5 apresenta-se o levantamento das cargas de iluminação do piso 1 da piscina Rui Abreu. O levantamento das cargas de iluminação dos restantes níveis encontra-se no Anexo 1.

Tabela 4. 5 – Levantamento das cargas de Iluminação do piso 1 da piscina Rui Abreu.

Piso 1			
Designação de Espaço	Equipamento		
	Tipo de Lâmpada	Nº de Luminárias	Nº e potência de lâmpadas por luminária
Área da Nave	IM-Projetor	18	1*400
	IM-Projetor	18	1*250
Zona de Estar	CFL	8	2*13
Ante Camara	CFL	1	1*18
I.S. Homens	CFL	7	1*18
I.S. Senhoras	CFL	8	1*18
I.S. Deficientes	CFL	2	1*18
Bancada Publica	CFL	6	2*13
Bar	CFL-Projetor	6	1*18
	T8	1	1*58
Zona Técnica	To	8	1*58

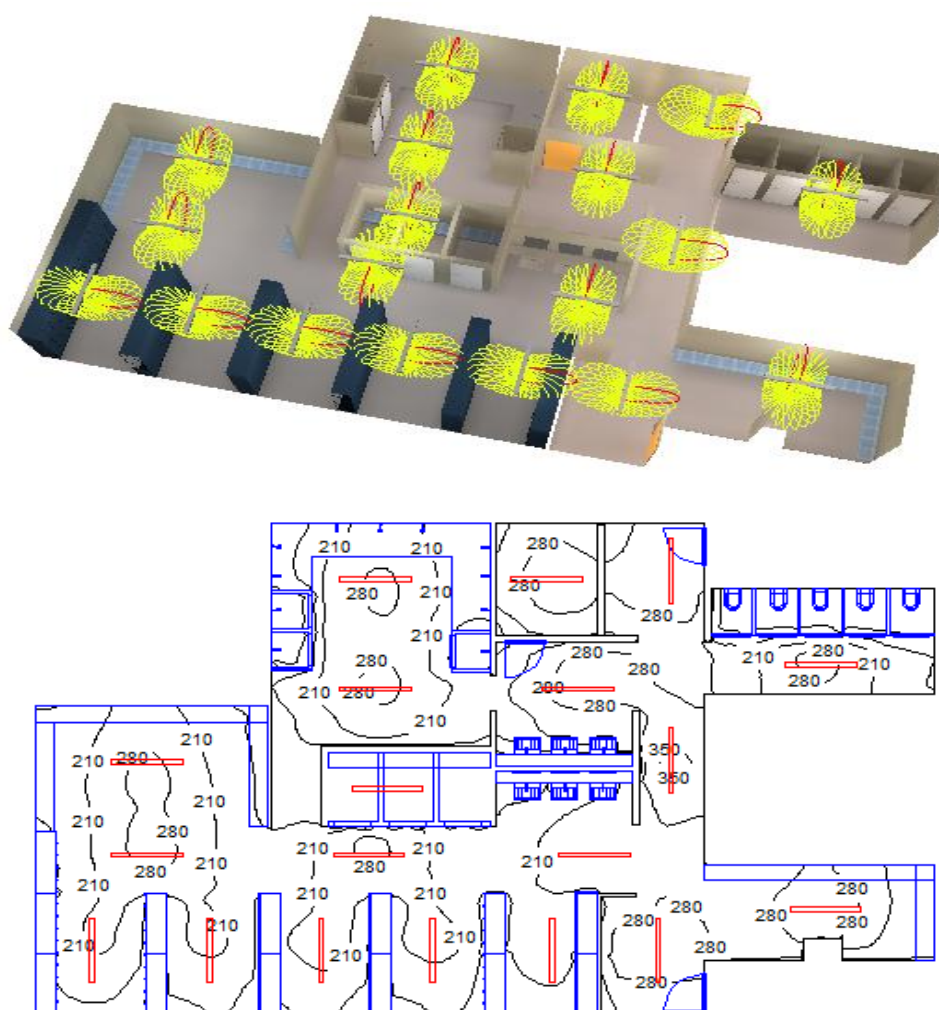
Na Tabela 4.6 encontra-se um resumo da qualidade do sistema atual de iluminação do edifício. A qualidade da iluminação que consta nesta tabela foi avaliada com recurso a simulações efetuadas com o programa Dialux.

**Tabela 4. 6 – Resumo da avaliação do sistema atual de iluminação artificial na Piscina Rui Abreu.**

Espaços tipo	Valores Recomendados		Valores Calculados pelo DIALux	
	Em	UGR	Em	UGR
Receção	300	22	365	21
Escritório	500	19	242	17
Circulações	100	28	207	24
Balneários	200	25	221	25
WC	200	25	146	10

Conclui-se, pela análise da Tabela 4.6, que os sistemas de iluminação instalados no edifício apresentam valores de iluminância razoáveis em alguns espaços (Receção e Balneários) e um certo défice em outros (WC; Escritório). De se notar ainda um certo sobredimensionamento em algumas circulações causando um consumo superior ao desejado.

Na Figura 4.17 apresentam-se os resultados das simulações efetuadas no balneário feminino.

**Figura 4. 17 – Simulação efetuada pelo Dialux, do sistema de iluminação existente no Balneário Feminino.**

Analisando a simulação apresentada acima pode-se concluir que os valores obtidos podem ser considerados de uma forma geral aceitáveis, apesar de serem detetados valores elevados (350lux, quando se recomenda 200).

Os resultados das simulações efetuadas para as tecnologias existentes nos diferentes espaços são apresentados no Anexo 2.

#### 4.2.3. Diagrama de Carga

Durante o período de estágio foi monitorizada a alimentação geral da instalação, tendo sido registado o diagrama de carga global típico da instalação, apresentado na Figura 4.18, que permitiu caraterizar o perfil de consumos. É de se destacar que o nível base do diagrama ronda os 50kW, associado aos sistemas que apresentam um funcionamento contínuo permanente, como a bombagem e a central térmica.

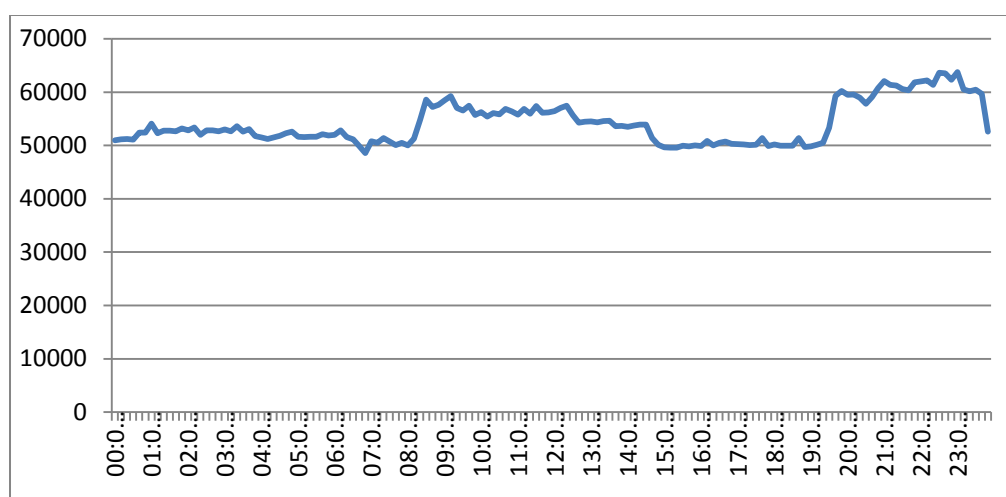


Figura 4. 18 – Diagrama de carga global da Piscina Rui Abreu.

#### 4.3. Piscina Luís Lopes da Conceição

A instalação das Piscinas Luís Lopes da Conceição é alimentada da rede de Baixa tensão da EDP, por uma linha trifásica de 400/230 V. Do Quadro Geral de Entrada, localizado no piso 0, partem as alimentações para os quadros dos sistemas de bombagem, dos sistemas de ventilação, desumidificação e climatização, para a central térmica e para os quadros gerais dos pisos, associados às restantes funções, sobretudo iluminação e tomadas.

Na Figura 4.19 apresenta-se a evolução dos consumos mensais de energia elétrica verificados no período 2008-2012 e na Figura 4.20 são indicados os custos correspondentes.

Uma vez mais pode-se verificar o efeito da subida dos custos de eletricidade na tendência oposta entre consumos e encargos.

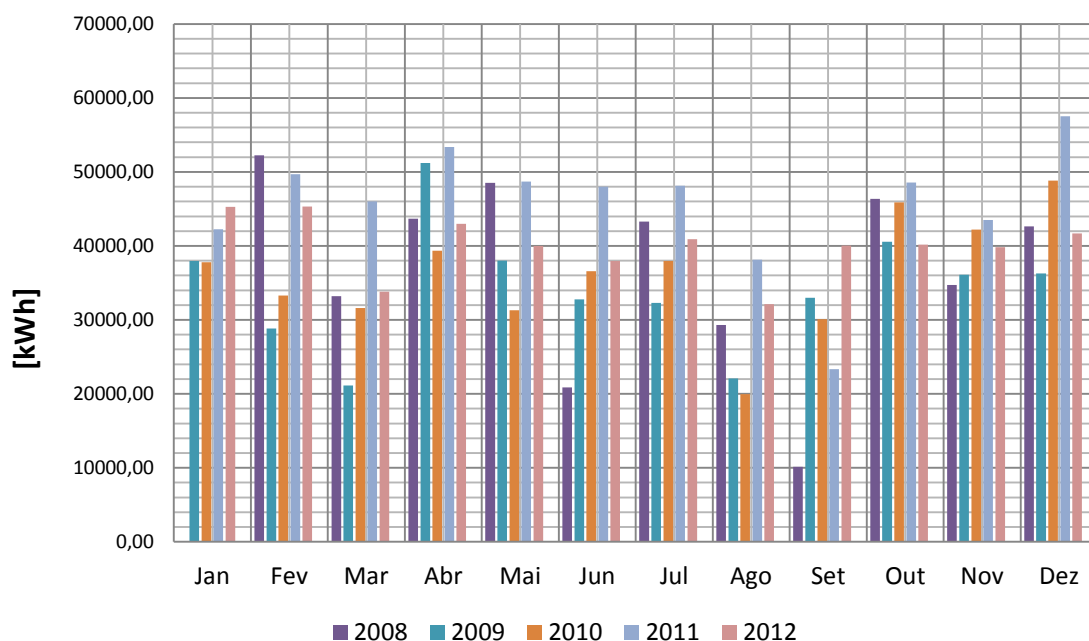


Figura 4. 19 – Evolução dos consumos de energia elétrica da piscina Luís Lopes da Conceição (2008-2012).

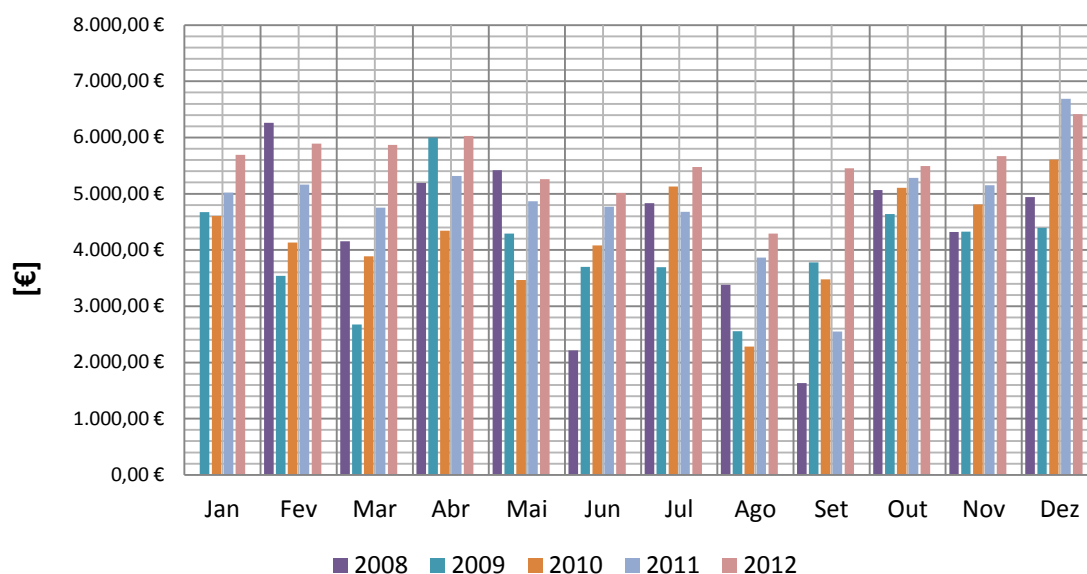


Figura 4. 20 – Evolução dos encargos com energia elétrica da piscina Luís Lopes da Conceição (2008-2012).

#### 4.3.1. Principais Sistemas Energéticos

As principais utilizações de energia nas piscinas, para além da iluminação, são as seguintes:

- Central de tratamento de água;
- Central térmica;
- Aquecimento de águas sanitárias
- Climatização

De uma forma sucinta o funcionamento destes setores pode ser descrito da seguinte forma:

- Na central de tratamento de água são efetuadas as operações de filtragem, tratamento, limpeza de filtros e aquecimento da água para os dois tanques.
- Na central térmica é gerada água quente, que depois é distribuída para o aquecimento da água dos tanques, para aquecimento de águas sanitárias e para alguns sistemas de climatização.
- Os principais sistemas de climatização são compostos por sistemas mistos com permutadores de água quente e unidades de expansão direta com capacidade de desumidificação, para tratamento do ar da nave, por uma UTAN para tratamento do ar dos balneários e de vários UCA's (*split* e *multi-split*) para climatização de espaços técnicos e administrativos.

A desagregação do consumo total de energia pelas utilizações finais da Piscina Luís Lopes da Conceição é a apresentada na Figura 4.21 [13]. A semelhança da Piscina Rui Abreu, neste complexo a climatização é responsável por quase um quarto dos consumos de energia, sendo o tratamento de água o maior consumidor, com um consumo quase tão elevado como as restantes utilizações.

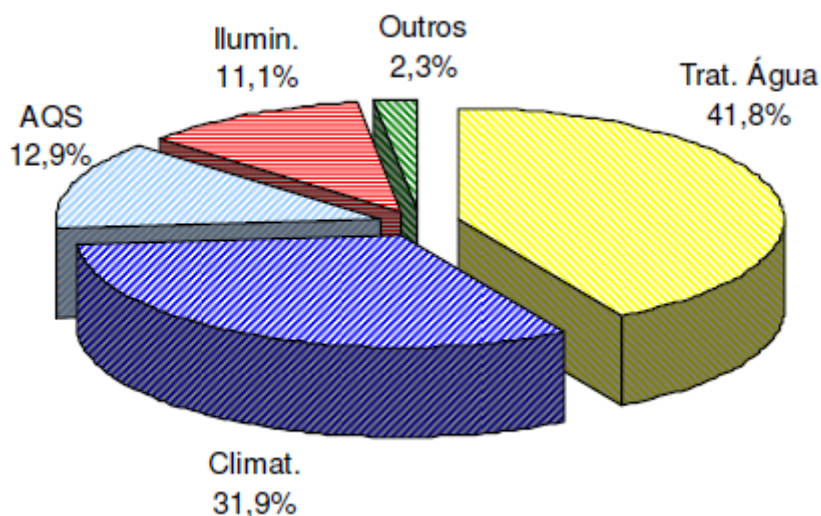


Figura 4. 21 – Desagregação do consumo total de Energia da piscina Luís Lopes da Conceição.

A desagregação dos consumos de cada tipo de energia é apresentada na Figura 4.22 [13]. Tanto nos consumos de energia elétrica como nos consumos de gás natural, a maior fatia de consumo é da responsabilidade dos sistemas de tratamento de água.

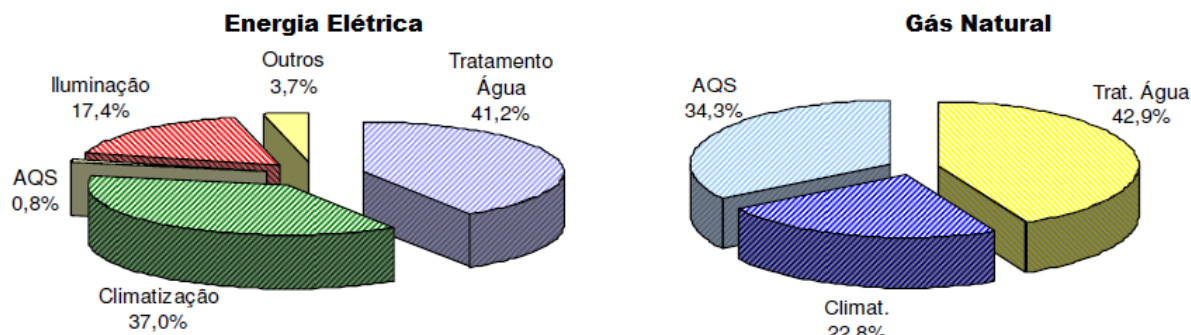


Figura 4. 22 – Desagregação dos consumos de energia da piscina Luís Lopes da Conceição.

#### 4.3.2. Sistema Atual de Iluminação na Piscina Luís Lopes da Conceição

A distribuição das 238 luminárias deste edifício por tipo de lâmpada está apresentada na Figura 4.23. Neste edifício as lâmpadas T8 são as mais usadas.

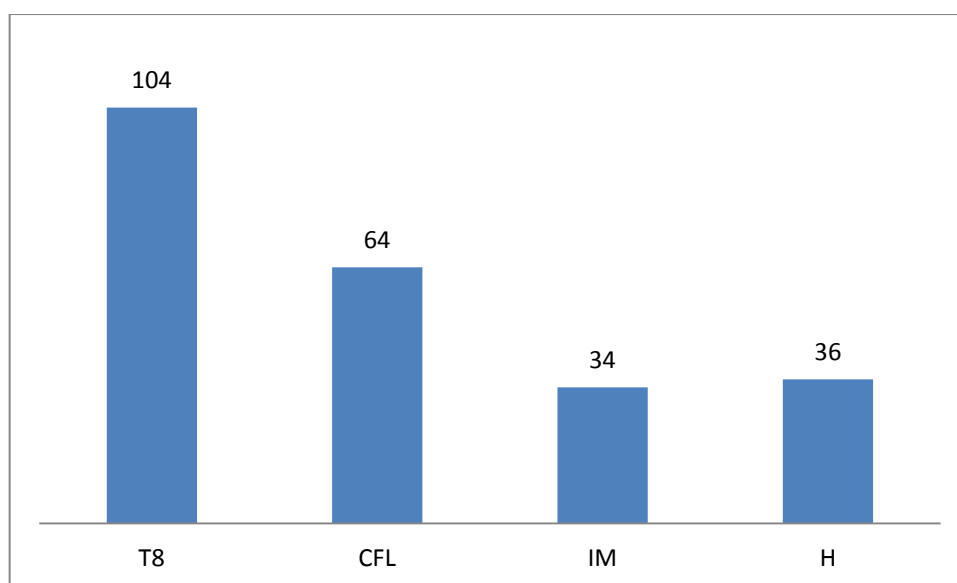


Figura 4. 23 – Luminárias existentes na piscina Luís Lopes da Conceição por tipo de lâmpada.

Na Tabela 4.7 apresenta-se o levantamento das cargas de iluminação do piso 1 da piscina Luís Lopes da Conceição. O levantamento das cargas de iluminação dos restantes níveis encontra-se no Anexo 1.



Tabela 4. 7 – Levantamento das cargas de Iluminação do piso 1 da piscina Luís Lopes da Conceição.

Piso 1			
Designação de Espaço	Equipamento		
	Tipo de Lâmpada	Nº de Luminárias	Nº e potência de lâmpadas por luminária
Zona de Estar	Halogénio	5	1*50
Ante Camara	Halogénio	1	1*50
I.S. Masculina	Halogénio	5	1*50
	T8	1	2*58
I.S. Feminina	Halogénio	6	1*50
	T8	1	2*58
I.S. Deficientes	Halogénio	2	1*50
Bancada Publica	CFL	6	2*13
Bar	CFL	3	1*18
	Halogénio	3	1*50
Arrumos 1	T8	1	1*58
Arrumos 2	T8	2	1*58
Zona Técnica	T8	5	1*58
Área da Nave	IM-Projetor	18	1*400
	IM-Projetor	16	1*200

Na Tabela 4.8 encontra-se um resumo da qualidade do sistema atual de iluminação do edifício. A qualidade da iluminação que consta nesta tabela foi avaliada com recurso a simulações efetuadas com o programa Dialux.

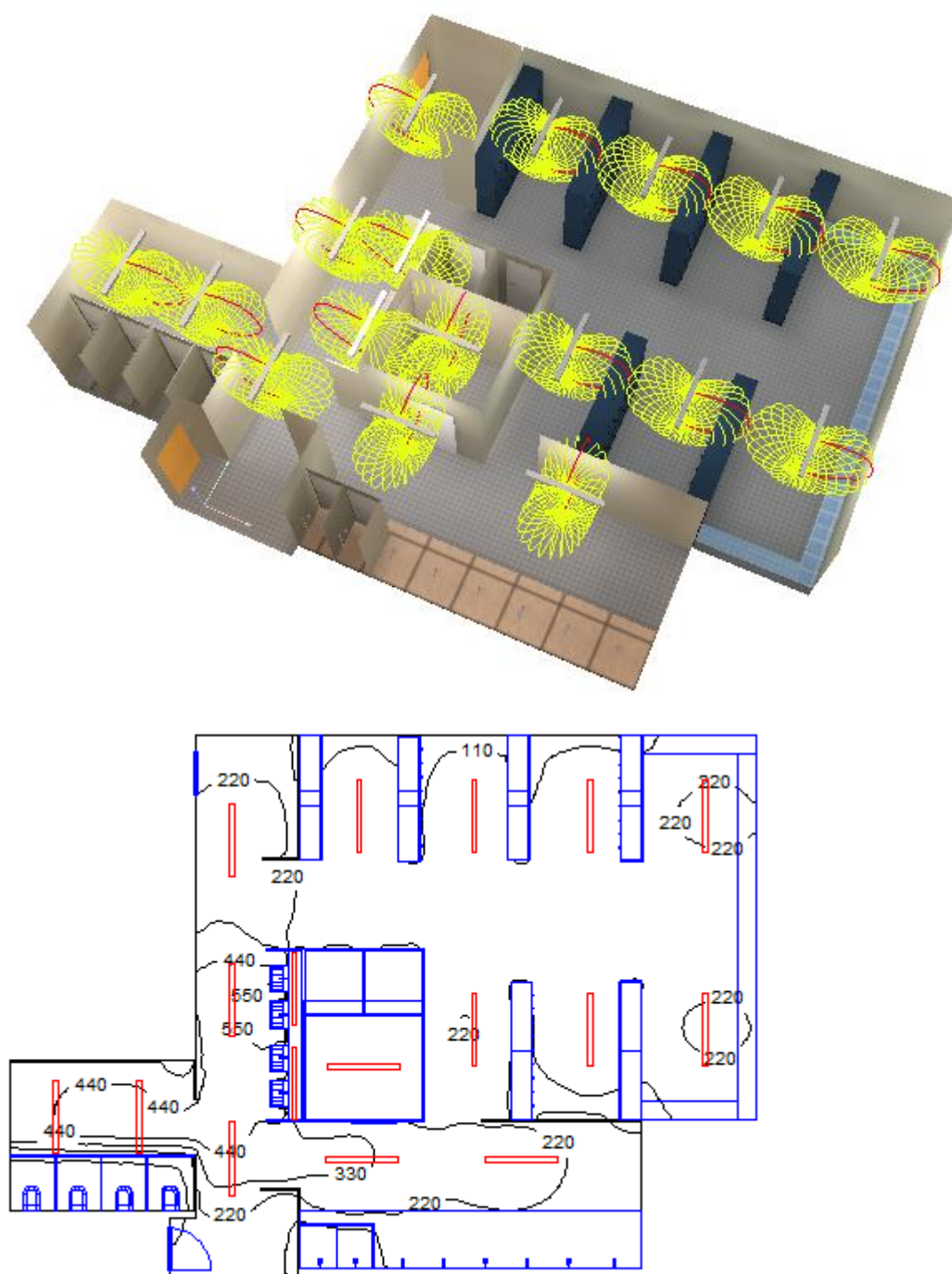
Tabela 4. 8 – Resumo da avaliação do sistema atual de iluminação artificial na Piscina Luís Lopes.

Espaços tipo	Valores Recomendados		Valores Calculados pelo Dialux	
	Em	UGR	Em	UGR
Receção	300	22	206	20
Escritório	500	19	214	14
Circulações	100	28	226	12
Balneários	200	25	213	28
WC	200	25	129	15

Conclui-se, pela análise da Tabela 4.8, que os sistemas de iluminação instalados no edifício apresentam valores de iluminância razoáveis nos Balneários havendo um certo défice em outros espaços (WC; Escritório; Receção). De se notar ainda um certo sobredimensionamento em algumas circulações causando um consumo superior ao desejado.

Na Figura 4.24 apresenta-se os resultados das simulações efetuadas no balneário masculino.





**Figura 4. 24 – Simulação efetuada pelo Dialux, do sistema de iluminação existente no Balneário Masculino.**

Analisando a simulação apresentada acima pode-se concluir que, em média, os valores obtidos podem ser considerados de uma forma geral aceitáveis, porém, são detetadas valores bastante elevados (440lux, quando se recomenda 200).

Os resultados das simulações efetuadas para as tecnologias existentes nos diferentes espaços são apresentados no Anexo 2.

### 4.3.3. Diagrama de Carga

Durante o período de estágio foi monitorizada a alimentação geral da instalação, tendo sido registado o diagrama de carga global típico da instalação, que permitiu caraterizar o perfil de consumos. É de se destacar que o nível base do diagrama ronda os 50kW, associado aos sistemas que apresentam um funcionamento contínuo permanente, como a bombagem e a central térmica.

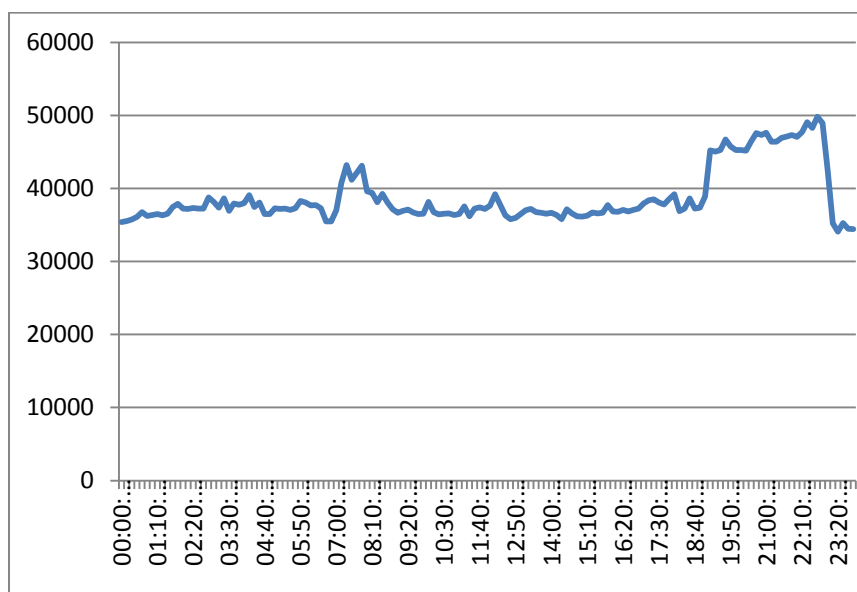


Figura 4. 25 – Diagrama de carga global da Piscina Rui Abreu.

## 5. AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DE ILUMINAÇÃO

De acordo com o objetivo principal do Estágio, foi feita a avaliação técnica e económica dos projetos de iluminação propostos para cada um dos espaços analisados, excetuando os projetos para as naves dos 4 Complexos. Para os sistemas de iluminação das naves foi solicitada uma análise técnico económica a uma empresa do setor.

A avaliação dos diferentes projetos, todos envolvendo a substituição da tecnologia existente por tecnologia LED, iniciou-se com as simulações com recurso ao software Dialux, de modo a garantir que o novo projeto de iluminação permitia obter os níveis de iluminância média exigidos pelas normas EN12464 [14] e EN 12193 [15].

Com base nas características das tecnologias de iluminação atualmente existentes e das tecnologias propostas (tempo de vida de 50000h); no diagrama de funcionamento dos diferentes espaços (utilização média diária de 20 h); nos custos de aquisição das tecnologias propostas (obtidos junto dos fornecedores) e no custo ponderado médio anual do kWh, obteve-se a análise económica de cada projeto.

Uma vez mais, os resultados serão apresentados para cada um dos espaços considerados.

### 5.1. Complexo Olímpico de Piscinas

Para o Complexo Olímpico das Piscinas, foram avaliados quatro projetos de iluminação, um por cada um dos pisos do Complexo.

#### 5.1.1. Simulações

Para cada um dos quatro pisos do Complexo Olímpico das Piscinas, foram simulados com recurso ao Dialux todos os espaços onde se propõe a alteração das tecnologias de iluminação.

Assim, foram simulados: no piso 1 - a área técnica; no piso2 – balneários femininos e masculinos, áreas de circulação e salas de monitores; no piso 3 – instalações sanitárias e zonas de circulação; no piso 4 – átrio de entrada, receção, gabinetes e instalações sanitárias.

A título de exemplo, são apresentados os resultados obtidos para um dos espaços, sendo os resultados obtidos para as restantes áreas apresentados nos Anexo 3.

Na Figura 5.1 podem visualizar-se os resultados obtidos com as simulações com o software Dialux – imagem 3D e linhas isográficas com os valores de iluminância para um dos balneários masculinos – nível 2.

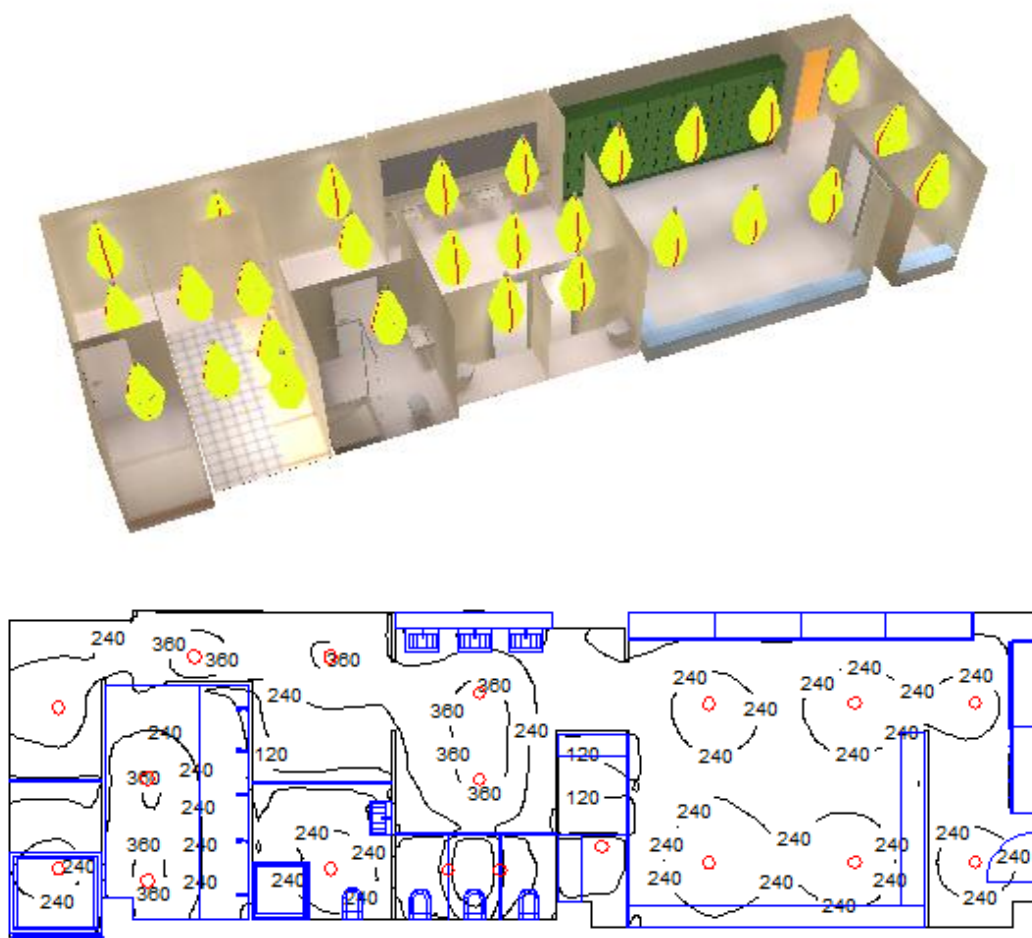


Figura 5. 1 – Resultados obtidos com o Dialux para um dos balneários masculinos – nível 2.

### 5.1.2. Análise económica

Os principais resultados da análise económica dos quatro projetos considerados para o Complexo Olímpico das Piscinas são apresentados nas tabelas 5.1 a 5.4.

Tabela 5. 1 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 1.

	Existente	Proposta		
Tecnologia	T8	LED		
Investimento inicial (€)	-----	18 966		
Consumo anual (kWh)	17 465	13 972		
Custos anuais (€)*	1 203	962		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )**	6 444	5 155		
Reduções anuais			Indicadores Económicos***	
Consumo (kWh)	3 493		Valor Atual Líquido (VAL)	-17.622,58€
Custos (€)	240		Taxa Interna de Retorno (TIR)	-38,97%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	1 288		Tempo de Retorno (anos)	-----

\*Com um custo de 0,0689 €/kWh

\*\*Considerando um fator de emissão de 369 ton CO<sub>2</sub>/GWh

\*\*\*Calculados para uma taxa de atualização de 6%

No nível 1 do Complexo Olímpico das Piscinas só existem instaladas lâmpadas T8 já equipadas com balastros eletrónicos. A pequena redução dos consumos justifica-se pela opção de LED tubulares para este espaço, com consumos superiores a outras lâmpadas LED. Esta pequena redução de consumos e o elevado investimento tornam este projeto economicamente inviável, como se pode verificar pelos valores obtidos para os indicadores económicos: valores negativos para o Valor Atual Líquido (VAL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) e sem um período de retorno do investimento dentro do tempo de vida da tecnologia considerado.

**Tabela 5. 2 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 2.**

	Existente	Proposta		
Tecnologia	T8	LED		
Investimento inicial (€)	-----	22 578		
Consumo anual (kWh)	101 718	27 012		
Custos anuais (€)*	7 008	1 861		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )**	37 534	9 967		
Reduções anuais			Indicadores Económicos***	
Consumo (kWh)	74 706		Valor Atual Líquido (VAL)	6 154,14€
Custos (€)	5 147		Taxa Interna de Retorno (TIR)	13,26%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	27 566		Tempo de Retorno (anos)	4,39

\*Com um custo de 0,0689 €/kWh

\*\*Considerando um fator de emissão de 369 ton CO<sub>2</sub>/GWh

\*\*\*Calculados para uma taxa de atualização de 6%

Face aos valores obtidos para os indicadores económicos para o projeto de iluminação para o nível 2 – VAL positivo e TIR superior à taxa de atualização considerada no cálculo do VAL (significando que o projeto consegue gerar uma taxa de retorno superior ao custo de oportunidade do capital), podemos concluir tratar-se de um projeto economicamente viável.

Estes resultados são explicados pela grande redução de consumo que este projeto permitirá e que é explicado pelo facto de o sistema de iluminação atualmente existente no nível 2 incluir lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) equipadas com balastros ferromagnéticos.

Para além da redução anual de consumos que se conseguiria obter com este projeto, verificar-se-ia uma redução anual de custos superior a 5 mil Euros e uma grande redução nas emissões anuais de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 5. 3 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 3.**

	Existente	Proposta		
Tecnologia	T8 e CFL	LED		
Investimento inicial (€)	-----	3 037		
Consumo anual (kWh)	18 534	4 655		
Custos anuais (€)*	1 277	320		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )**	6 839	1 715		
Reduções anuais			Indicadores Económicos***	
Consumo (kWh)	13 884		Valor Atual Líquido (VAL)	2 302,83€
Custos (€)	956		Taxa Interna de Retorno (TIR)	24,83%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	5 123		Tempo de Retorno (anos)	3,17

\*Com um custo de 0,0689 €/kWh

\*\*Considerando um fator de emissão de 369 ton CO<sub>2</sub>/GWh

\*\*\*Calculados para uma taxa de atualização de 6%

Da análise económica do projeto de iluminação proposto para o nível 3 do Complexo Olímpico das Piscinas podemos concluir que se trata de um projeto viável. O facto de o sistema de iluminação atualmente existente ainda incluir balastros convencionais (CFC's) contribui para que a redução anual de consumos com o novo sistema seja significativo. Sendo o investimento inicial relativamente baixo (face ao investimento necessário para outros projetos), os indicadores económicos são satisfatórios.

**Tabela 5. 4 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 4.**

	Existente	Proposta		
Tecnologia	T8 e CFL	LED		
Investimento inicial (€)	-----	5 941		
Consumo anual (kWh)	18 571	5 237		
Custos anuais (€)*	1 279	361		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )**	6 853	1 932		
Reduções anuais			Indicadores Económicos***	
Consumo (kWh)	13 334		Valor Atual Líquido (VAL)	815,56€
Custos (€)	918		Taxa Interna de Retorno (TIR)	8,81%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	4 920		Tempo de Retorno (anos)	6,47

\*Com um custo de 0,0689 €/kWh

\*\*Considerando um fator de emissão de 369 ton CO<sub>2</sub>/GWh

\*\*\*Calculados para uma taxa de atualização de 6%

Apesar de o projeto proposto para o nível 4 deste Complexo permitir uma redução anual de consumo de eletricidade de valor semelhante ao obtido com o projeto proposto para o nível 3, não apresenta valores tão satisfatórios para os indicadores económicos. De facto o VAL e TIR são significativamente inferiores e o tempo de retorno está quase no limite do tempo de vida das novas tecnologias.

Tratando-se de um mesmo edifício e tendo-se optado por analisar individualmente, por nível, as propostas para os novos sistemas de iluminação, procedeu-se a uma análise económica global. Para tal, considerou-se um projeto de iluminação global para todo o Complexo, mas mantendo as substituições analisadas nos projetos individuais, assim como os pressupostos. Os resultados obtidos para o projeto de iluminação global são apresentados na Tabela 5.5.

**Tabela 5. 5 – Análise económica do projeto de iluminação global.**

Investimento inicial (€)	50 522
Redução anual de consumo (kWh)	105 417
Redução anual de custos (€)	7261
Redução anual de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	38 897
<b>Indicadores Económicos</b>	
Valor Atual Líquido (VAL)	2 919,59€
Taxa Interna de Retorno (TIR)	7,20%
Tempo de Retorno do Investimento (anos)	6,96

Da análise económica do projeto de iluminação global, podemos verificar tratar-se de um projeto viável, uma vez que obtemos um VAL positivo e uma TIR superior à taxa de atualização considerada (6%). Recordar-se que, quando avaliados individualmente, um dos projetos (ver Tabela 5.1) não se apresentava como um projeto viável. No entanto, o tempo de retorno do investimento global é bastante superior ao obtido para dois dos projetos individuais (ver tabelas 5.2 e 5.3).

## **5.2. Pavilhão Multidesportos**

Para o Pavilhão Multidesportos foram avaliados três projetos de iluminação para os níveis 2, 3 e 4. Para a avaliação dos diferentes projetos foi seguida a mesma metodologia usada na avaliação dos projetos para o Complexo Olímpico das Piscinas.

### **5.2.1. Simulações**

Os resultados obtidos nas simulações com o software Dialux para os espaços analisados no Pavilhão Multidesportos são apresentados nos Anexo 3, apresentando-se na Figura 5.2, a título de exemplo, os resultados das simulações obtidos - imagem 3D e linhas isográficas com os valores de iluminância para 2 espaços localizados no nível 4: o átrio de entrada e a sala de comando.

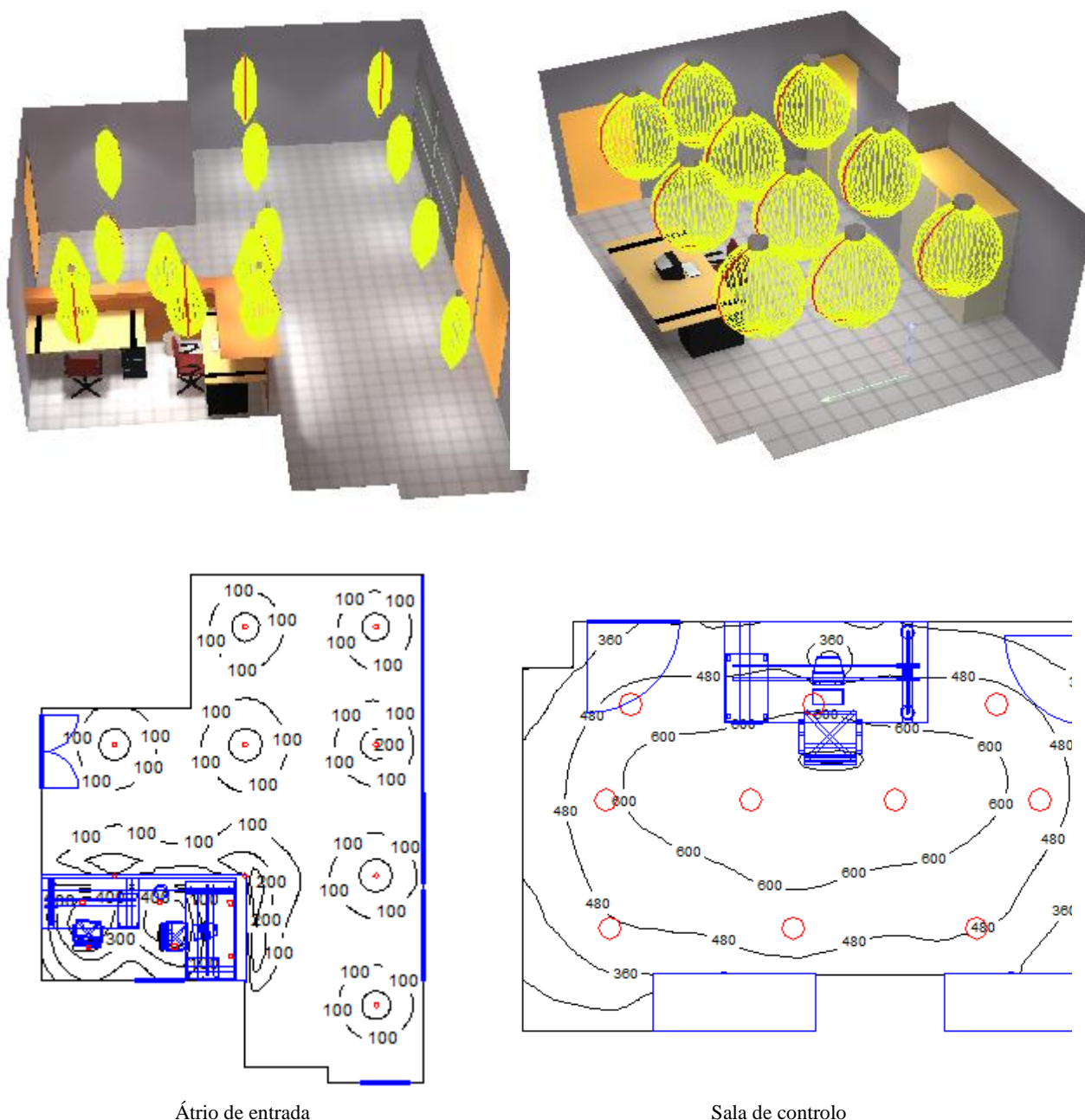


Figura 5. 2 – Resultados obtidos com o Dialux para 2 espaços - nível 4.

### 5.2.2. Análise económica

Para a análise económica dos projetos de iluminação foram considerados os mesmos pressupostos da análise feita para o Complexo Olímpico das Piscinas: custo médio ponderado por kWh - 0,0689 €; um fator de emissão de 369 ton CO<sub>2eq</sub>/GWh e uma taxa de atualização de 6%.

Sendo os sistemas de iluminação atualmente existentes nos 3 níveis considerados no Pavilhão Multidesportos assente em lâmpadas T8 e CFL, com balastros eletrónicos e ferromagnéticos respetivamente.



Os principais resultados da análise económica dos quatro projetos considerados para o Complexo Olímpico das Piscinas são apresentados nas tabelas 5.6 a 5.8.

**Tabela 5. 6 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 2.**

	<b>Existente</b>	<b>Proposta</b>		
Tecnologia	T8 e CFL	LED		
Investimento inicial (€)	-----	12 333		
Consumo anual (kWh)	49 516	15 771		
Custos anuais (€)	3 411	1 087		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	18 271	5 119		
<b>Reduções anuais</b>			<b>Indicadores Económicos</b>	
Consumo (kWh)	33 744		Valor Atual Líquido (VAL)	2 103,66€
Custos (€)	2 326		Taxa Interna de Retorno (TIR)	10,16%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	12 451		Tempo de Retorno (anos)	5,30

**Tabela 5. 7 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 3.**

	<b>Existente</b>	<b>Proposta</b>		
Tecnologia	T8 e CFL	LED		
Investimento inicial (€)	-----	4 254		
Consumo anual (kWh)	16 019	3 950		
Custos anuais (€)	1 103	272		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	5 911	1 457		
<b>Reduções anuais</b>			<b>Indicadores Económicos</b>	
Consumo (kWh)	12 069		Valor Atual Líquido (VAL)	909,47€
Custos (€)	831		Taxa Interna de Retorno (TIR)	11,16%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	4 454		Tempo de Retorno (anos)	5,12

**Tabela 5. 8 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o nível 4.**

	<b>Existente</b>	<b>Proposta</b>		
Tecnologia	T8 e CFL	LED		
Investimento inicial (€)	-----	3 746		
Consumo anual (kWh)	11 586	3 772		
Custos anuais (€)	798	259		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	4 275	1 392		
<b>Reduções anuais</b>			<b>Indicadores Económicos</b>	
Consumo (kWh)	7 813		Valor Atual Líquido (VAL)	221,09€
Custos (€)	539		Taxa Interna de Retorno (TIR)	7,23%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	2 883		Tempo de Retorno (anos)	6,95

Como esperado, todos os projetos avaliados são projetos considerados viáveis, tendo em consideração os indicadores económicos obtidos. No entanto, o projeto proposto para o sistema de iluminação do nível 3 apresenta um período de retorno pouco inferior ao tempo de vida da nova tecnologia.

Também para o Pavilhão Multidesportos se procedeu à avaliação do projeto de iluminação global, sendo os resultados obtidos apresentados na Tabela 5.9.

**Tabela 5. 9 – Análise técnico económica do projeto de iluminação global.**

Investimento inicial (€)	20 333
Redução anual de consumo (kWh)	53 626
Redução anual de custos (€)	3 696
Redução anual de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	18 788
<b>Indicadores Económicos</b>	
Valor Atual Líquido (VAL)	6 869,88€
Taxa Interna de Retorno (TIR)	12,66%
Tempo de Retorno do Investimento (anos)	5,50

O projeto global de iluminação do pavilhão Multidesportos apresenta-se como um projeto viável, com um VAL de quase 7000€ e uma TIR de 12,66%, francamente superior à taxa de atualização considerada.

### 5.3. Piscina Rui Abreu

Para o Complexo da Piscina Rui Abreu apenas se avaliou um projeto de iluminação, referente ao piso 0. Optou-se por considerar apenas a substituição neste piso, atendendo à utilização diária dos espaços nos diferentes pisos. No piso -1 localiza-se a área técnica pouco usada pelo pessoal da gestão técnica e os espaços localizados no piso 1 são usados apenas ocasionalmente, quando há eventos.

#### 5.3.1. Simulações

Também para este edifício foram simulados, com recurso ao software Dialux, todos os espaços do piso 0 onde se pretende a substituição tecnológica do sistema de iluminação.

Apresentam-se nas figuras 5.3 e 5.4 as imagens 3D e linhas isográficas com os valores de iluminância para 2 espaços do piso 0: Posto de socorro e de vigia e Balneário Masculino, respetivamente. Os resultados das simulações dos restantes espaços do piso 0 são apresentados no Anexo 3.

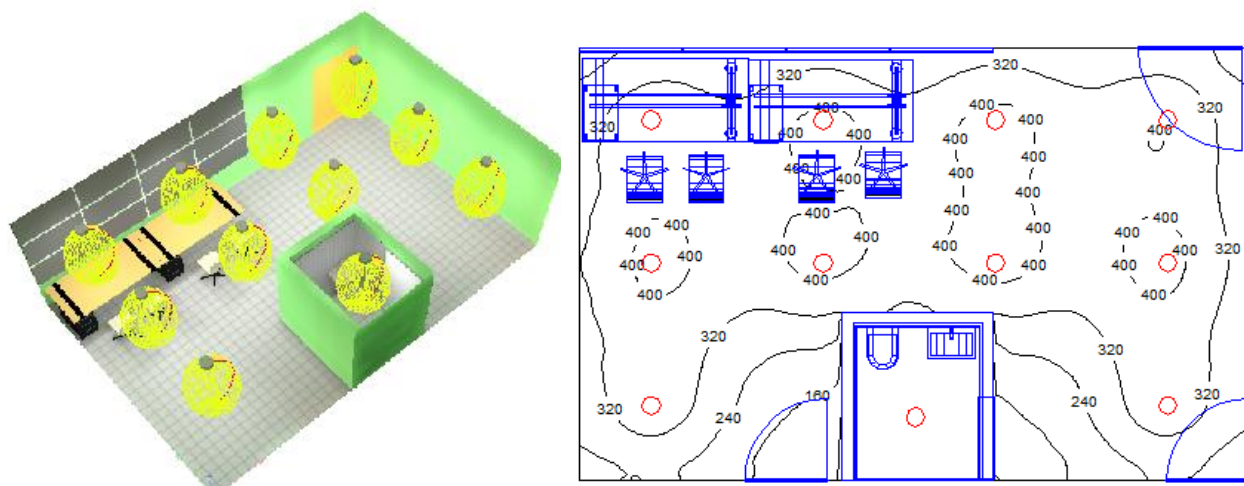


Figura 5. 3 – Resultados obtidos com o Dialux para o Posto de socorro e de vigia.

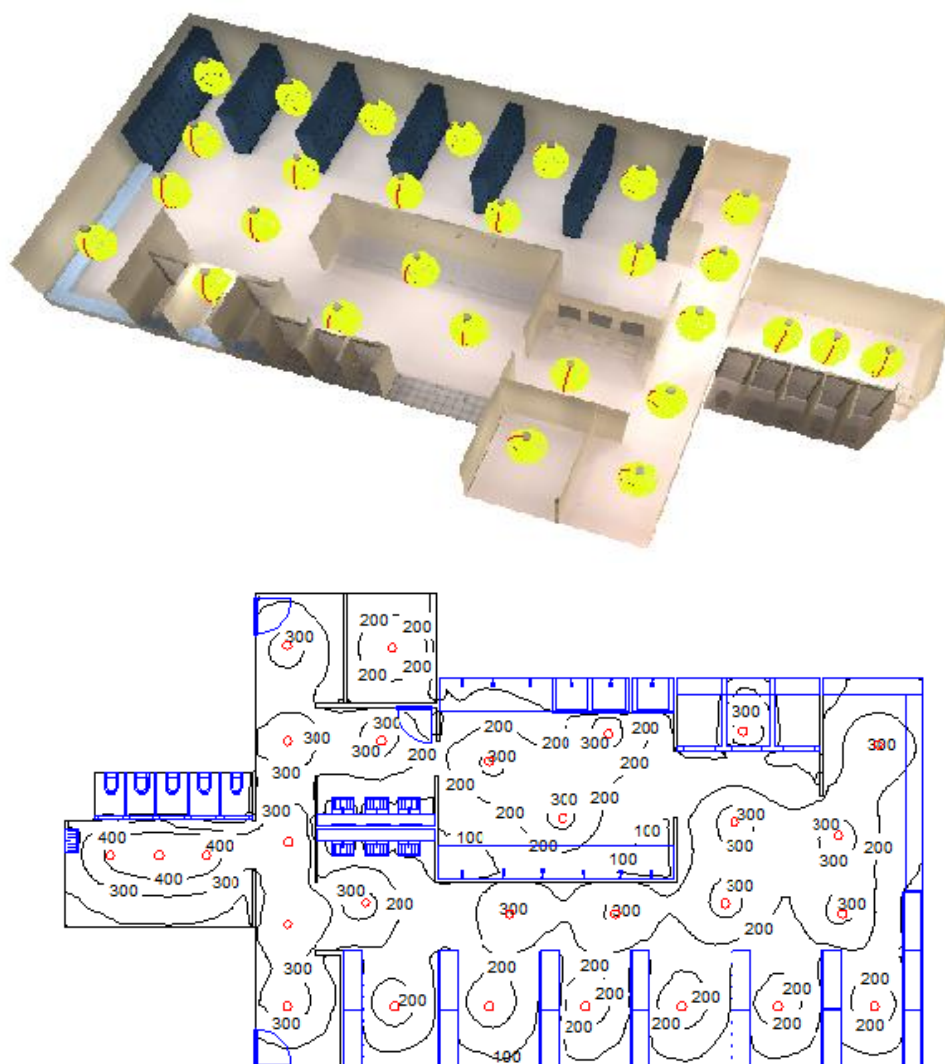


Figura 5. 4 – Resultados obtidos com o Dialux para o Banheiro Masculino.

### 5.3.2. Análise económica

Para a análise económica do projeto de iluminação na Piscina Rui Abreu foram considerados os mesmos pressupostos da análise feita para os Complexos Desportivos anteriores: custo médio ponderado por kWh - 0,07298 €; um fator de emissão de 369 ton CO<sub>2</sub>eq/GWh e uma taxa de atualização de 6%.

Sendo o sistema de iluminação atualmente existentes no piso 0 da Piscina Rui Abreu assente em lâmpadas T8 e CFL, com balastros ferromagnéticos, será de esperar uma grande redução de consumos de eletricidade com o projeto proposto.

Os principais resultados da análise económica do projeto são apresentados na Tabela 5.10.

**Tabela 5. 10 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o piso 0.**

	<b>Existente</b>	<b>Proposta</b>		
Tecnologia	T8 e CFL	LED		
Investimento inicial (€)	-----	12 600		
Consumo anual (kWh)	36 345	12 551		
Custos anuais (€)	2 652	916		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	13 411	4 631		
<b>Reduções anuais</b>			<b>Indicadores Económicos</b>	
Consumo (kWh)	23 794		Valor Atual Líquido (VAL)	177,11€
Custos (€)	1 736		Taxa Interna de Retorno (TIR)	6,30%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	8 780		Tempo de Retorno (anos)	7,26

O projeto de iluminação da Piscina Rui Abreu apresenta-se como um projeto viável, apesar de um VAL inferior a 200€ e uma TIR apenas ligeiramente superior à taxa de atualização considerada. Apesar de a redução anual dos consumos que este projeto proporcionará, o investimento inicial é bastante elevado, atendendo às tecnologias selecionadas.

### 5.4. Piscina Luís Lopes da Conceição

Neste edifício só foi avaliado um projeto para o piso 0. Optou-se por considerar apenas a substituição neste piso, atendendo á utilização diária. No piso -1 é uma área técnica pouco usada pelo pessoal da gestão técnica e no piso 1, usada apenas ocasionalmente quando há eventos, à semelhança do que se passa no edifício da Piscina Rui Abreu.

### 5.4.1. Simulações

Também para este edifício foram simulados, com recurso ao software Dialux, todos os espaços do piso 0 onde se pretende a substituição tecnológica do sistema de iluminação.

Apresentam-se nas figuras 5.5 e 5.6 as imagens 3D e linhas isográficas com os valores de iluminância para 3 espaços do piso 0: Hall de entrada, Escritório e Balneário Masculino. Os resultados das simulações dos restantes espaços do piso 0 são apresentados no Anexo 3.

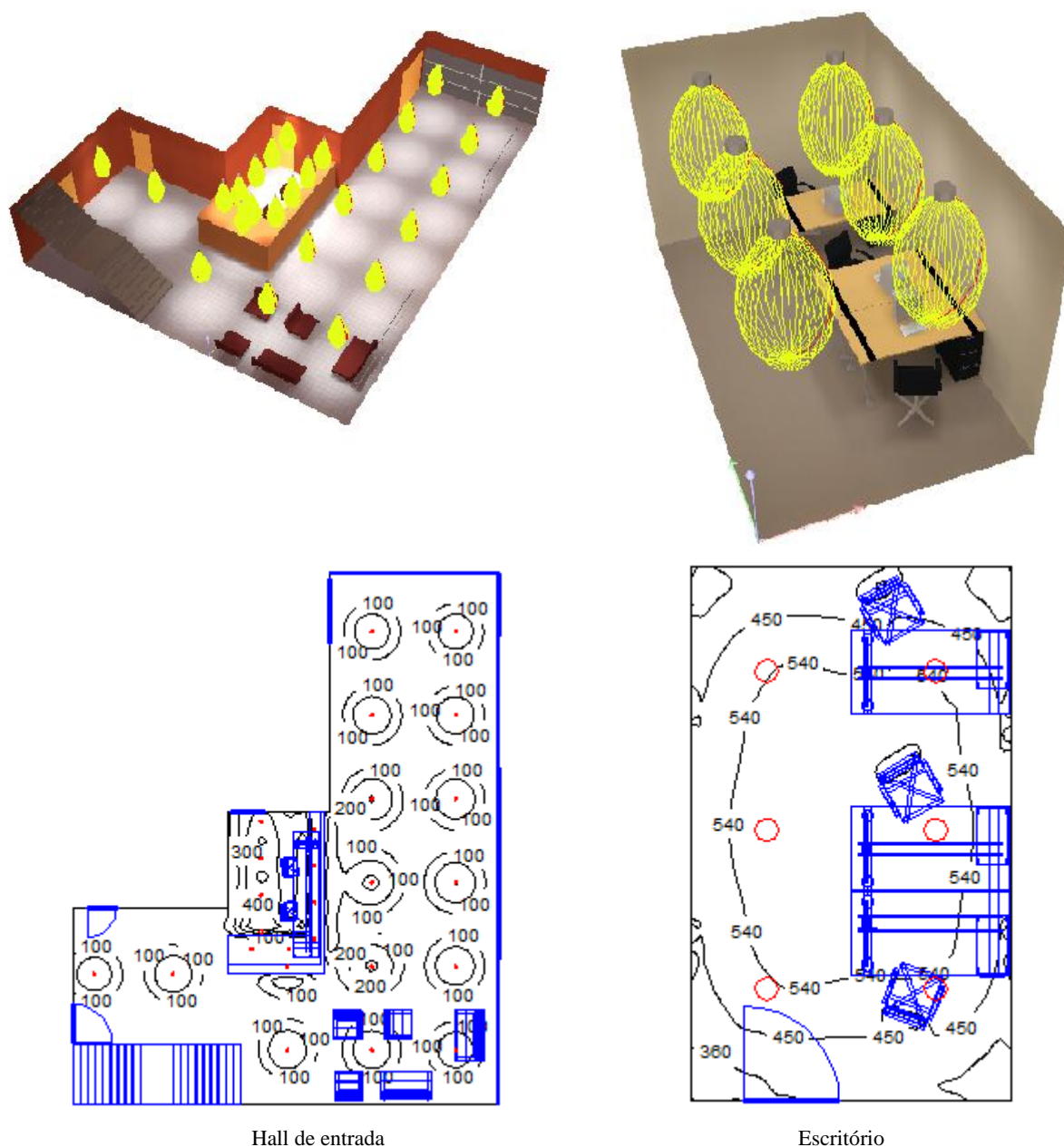


Figura 5.5 – Resultados obtidos com o Dialux para dois espaços.

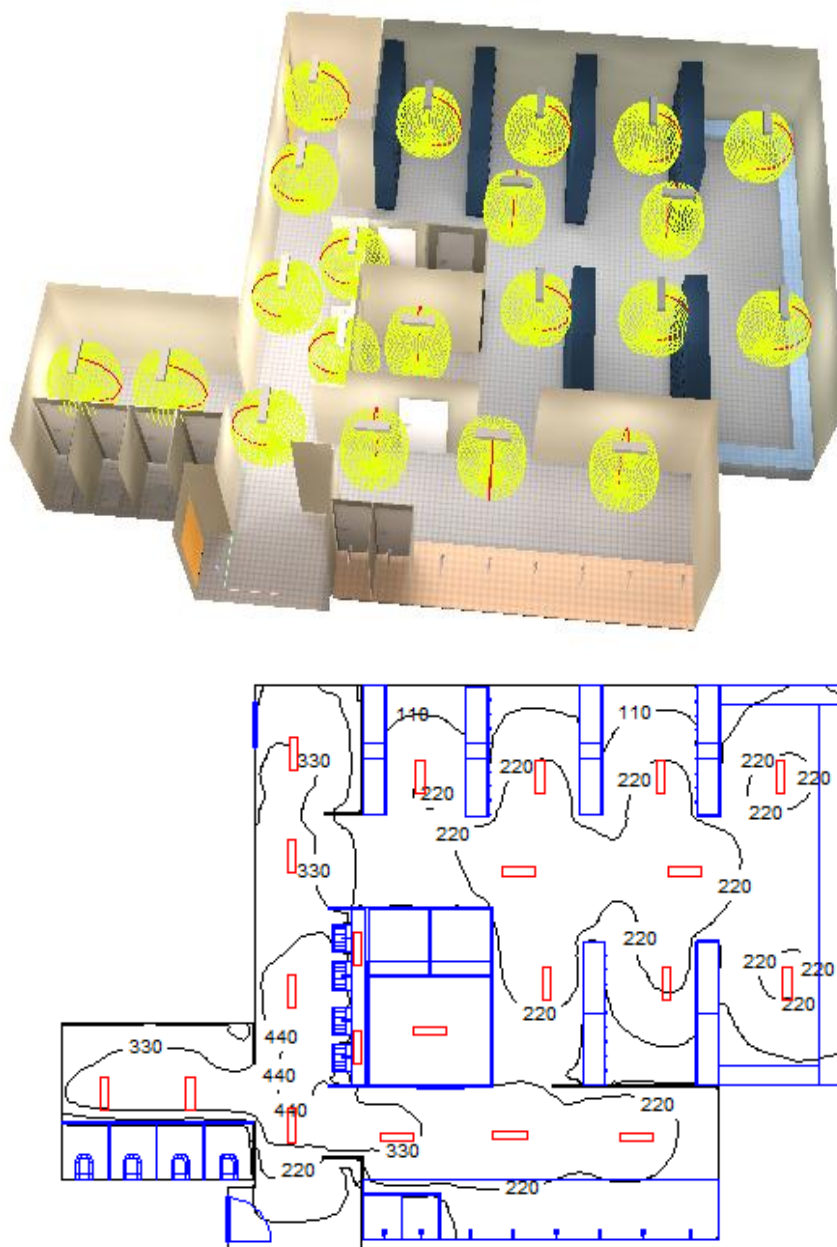


Figura 5.6 – Resultados obtidos com o Dialux para o Balneário Masculino.

#### 5.4.2. Análise económica

Para a análise económica do projeto de iluminação na Piscina Luís Lopes da Conceição foram considerados os mesmos pressupostos da análise feita para a Piscina Rui Abreu: custo médio ponderado por kWh - 0,07298 €; um fator de emissão de 369 ton CO<sub>2</sub>eq/GWh e uma taxa de atualização de 6%.

Sendo o sistema de iluminação atualmente existentes no piso 0 da Piscina Luís Lopes da Conceição assente em lâmpadas T8 e CFL, com balastros ferromagnéticos, será de esperar uma grande redução de consumos de eletricidade com o projeto proposto.

Os principais resultados da análise económica do projeto são apresentados na Tabela 5.11. Esta proposta de projeto apresenta-se como não viável economicamente, uma vez que se obteve um VAL negativo e uma TIR inferior à taxa de atualização considerada. Apesar de se confirmar uma elevada redução anual dos consumos, também neste projeto o investimento inicial é bastante elevado, atendendo às tecnologias selecionadas.

**Tabela 5. 11 – Análise técnico económica do projeto de iluminação para o piso 0.**

	Existente	Proposta		
Tecnologia	T8 e CFL	LED		
Investimento inicial (€)	-----	13 228		
Consumo anual (kWh)	32 963	11 254		
Custos anuais (€)	2 405	821		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	12 163	4 152		
Reduções anuais			Indicadores Económicos	
Consumo (kWh)	21 709		Valor Atual Líquido (VAL)	-1 569,62€
Custos (€)	1 584		Taxa Interna de Retorno (TIR)	3,42%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	8 010		Tempo de Retorno (anos)	8,35

### 5.5. Projetos de Iluminação para as Naves

Como referido no início deste Capítulo 5, para os sistemas de iluminação das naves foi solicitada uma análise técnico económica a uma empresa do setor, apresentada no Anexo 4.

A título de exemplo, apresenta-se na Figura 5.7 um dos resultados das simulações enviado pela empresa - direções definidas para cada uma das lâmpadas para a nave de aprendizagem do Complexo Olímpico das Piscinas.



**Figura 5. 7 – Direções definidas para cada uma das lâmpadas para a nave de aprendizagem.**

Com base nos dados constantes nas propostas enviadas, avaliou-se a viabilidade económica de cada projeto considerando os mesmos pressupostos das análises feitas anteriormente: custo médio ponderado por kWh - 0,0689 € para o Complexo Olímpico de Piscinas e Pavilhão Multidesportos e 0,07298 € para as Piscinas Rui Abreu e Luís Lopes da Conceição; um fator de emissão de 369 ton CO<sub>2eq</sub>/GWh e uma taxa de atualização de 6%.

Apresenta-se nas tabelas 5.12 a 5.15 o resumo da análise económica efetuada para cada uma das naves dos edifícios analisados.

**Tabela 5. 12 – Análise económica do projeto de iluminação para a nave da Piscina Olímpica.**

	Existente	Proposta		
Tecnologia	IM	LED		
Investimento inicial (€)	-----	41 526		
Consumo anual (kWh)	161 732	20 075		
Custos anuais (€)	11 143	1 383		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	59 679	7 408		
Reduções anuais			Indicadores Económicos	
Consumo (kWh)	141 655		Valor Atual Líquido (VAL)	49 199,72€
Custos (€)	9 760		Taxa Interna de Retorno (TIR)	22,06%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	52 271		Tempo de Retorno (anos)	4,25

Relativamente à proposta para a nave da Piscina Olímpica verifica tratar-se de um projeto bastante atrativo, face aos valores obtidos para os indicadores económicos calculados (ver Tabela 5.12). Apesar do projeto envolver um investimento superior a 40 000€, a substituição das tecnologias existentes por tecnologia LED traduz-se numa enorme redução anual de consumo (superior a 140 MWh) e consequente redução de faturação anual (quase 10 000€).

O grande impacto na redução anual dos consumos deve-se às características das tecnologias existentes e das propostas e ainda ao número elevado de horas de utilização das piscinas (20 h diárias para a piscina de aprendizagem e 6 horas diárias para a piscina olímpica). O sistema de iluminação atualmente existente assenta em lâmpadas de iodetos metálicos de 400 W e 1000 W que serão substituídos por tecnologia LED, de 75 W e 103 W, respetivamente, com um tempo de vida de 90 000 horas.

O projeto de iluminação para a nave do Pavilhão Multidesportos apresenta-se também como um projeto economicamente atrativo (ver Tabela 5.13). Nesta nave, as lâmpadas de iodetos metálicos de 400 W existentes serão substituídas por lâmpadas LED de 75 W, funcionando diariamente por um período de 9 horas.



**Tabela 5. 13 – Análise económica do projeto de iluminação para a nave do Pavilhão Multidesportos.**

	Existente	Proposta		
Tecnologia	IM	LED		
Investimento inicial (€)	-----	58 444		
Consumo anual (kWh)	157 838	25 715		
Custos anuais (€)	10 875	1 772		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	58 242	9 489		
Reduções anuais			Indicadores Económicos	
Consumo (kWh)	132 123		Valor Atual Líquido (VAL)	82 307,34€
Custos (€)	9 103		Taxa Interna de Retorno (TIR)	15,36%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	48 753		Tempo de Retorno (anos)	6,42

Os projetos de iluminação para as naves das piscinas Rui Abreu e Luís Lopes da Conceição, apesar de se mostrarem economicamente viáveis (ver tabelas 5.14 e 5.15), não são tão atrativos como os dois projetos anteriores. A exigência dos níveis de iluminação adequados leva a que estes projetos contemplem a substituição das lâmpadas de iodetos metálicos de 250 W e 400 W por lâmpadas LED de 78 W e 103 W, respetivamente. Por outro lado, com uma utilização média diária de 6 horas, a redução anual dos consumos obtida será mais modesta e o impacto na redução anual de faturação será menor.

**Tabela 5. 14 – Análise económica do projeto de iluminação para a nave Piscina Rui Abreu.**

	Existente	Proposta		
Tecnologia	IM	LED		
Investimento inicial (€)	-----	25 344		
Consumo anual (kWh)	30 944	7 135		
Custos anuais (€)	2 258	521		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	11 416	2 633		
Reduções anuais			Indicadores Económicos	
Consumo (kWh)	23 810		Valor Atual Líquido (VAL)	8 563,70€
Custos (€)	1 738		Taxa Interna de Retorno (TIR)	6,44%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	5 786		Tempo de Retorno (anos)	14,58

**Tabela 5. 15 – Análise económica do projeto de iluminação para a nave da Piscina Luís Lopes da Conceição.**

	Existente	Proposta		
Tecnologia	IM	LED		
Investimento inicial (€)		24 066		
Consumo anual (kWh)	29534	6 793		
Custos anuais (€)	2155	496		
Emissões anuais de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> )	10898	2 507		
Reduções anuais			Indicadores Económicos	
Consumo (kWh)	22 741		Valor Atual Líquido (VAL)	8 319,34€
Custos (€)	1 660		Taxa Interna de Retorno (TIR)	6,49%
CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	8 392		Tempo de Retorno (anos)	14,50



## 6. CONCLUSÕES

O estágio é um processo de aprendizagem, é a uma transição entre a teoria e a prática que proporciona ao estudante a participação em situações reais de vida e de trabalho, consolida a sua profissionalização e explora as competências básicas indispensáveis para uma formação profissional.

Após o período de estágio curricular conclui-se que os objetivos gerais foram atingidos, sendo o balanço deste estágio bastante positivo. Tratou-se de um processo evolutivo e multidisciplinar, que possibilitou a execução de tarefas onde se conjugaram componentes teóricas e práticas adquiridas durante a formação académica em unidades curriculares que compõem o Mestrado em Instalações e Equipamentos em Edifícios.

Durante o período de estágio e com o aparecimento de dúvidas foi gratificante contar com o apoio prestado pelos colaboradores, sem os quais o presente estágio teria sido menos interessante e certamente menos produtivo.

A elaboração deste trabalho de estágio permitiu confirmar a necessidade da utilização de sistemas energeticamente eficientes a serem usados num projeto luminotécnico que vise, além da diminuição da potência instalada, a necessidade de iluminâncias mínimas requeridas por parte dos utilizadores nos diferentes espaços.

Da análise dos sistemas de iluminação atualmente instalados nos edifícios estudados no trabalho de estágio pode-se concluir que:

- Os atuais sistemas de iluminação representam cerca de 20% dos consumos de eletricidade dos edifícios, sendo assim justificável a procura de uma iluminação mais eficiente;

- De um modo geral, os níveis de iluminância verificados nos diferentes espaços dos edifícios não satisfazem os requisitos na norma EN12464 [14]. Isso deve-se ao reduzido número de lâmpadas instaladas em cada espaço face ao simulado pelo software Dialux.

Assim, pode concluir-se que os sistemas de iluminação atualmente existentes nos quatro Complexos Desportivos analisados consomem mais energia elétrica do que seria desejável e nem sempre proporcionam níveis de iluminação adequados às funções dos diferentes espaços.

Neste contexto, com base na caracterização dos sistemas de iluminação atuais, foram identificadas soluções energeticamente eficientes que possam ser implementadas nos diferentes espaços e realizada uma avaliação técnica e económica dos projetos de iluminação

propostos. Adicionalmente fez-se a avaliação económica dos projetos de iluminação para as naves dos Complexos desportivos, propostos por uma empresa externa.

Na Tabela 6.1, apresentam-se os principais resultados da avaliação técnico económica dos projetos de iluminação analisados. Os resultados apresentados referem-se ao projeto global por edifício. Os principais resultados da avaliação técnico económica dos projetos de iluminação das naves dos Complexos desportivos são apresentados na Tabela 6.2.

**Tabela 6. 1 – Resumo da avaliação dos projetos de iluminação.**

	<b>Complexo Piscinas</b>	<b>Pavilhão Multidesportivo</b>	<b>Piscina Rui Abreu</b>	<b>Piscina Luis L. Conceição</b>
Investimento inicial (€)	50 522	20 333	12 600	13 228
Redução anual de Consumo (kWh)	105 417	53 626	23 794	21 709
Redução anual de Custos (€)	7261	3 696	1 736	1 584
Redução anual de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	38 897	18 788	8 780	8 010

**Tabela 6. 2 – Resumo da avaliação dos projetos de iluminação das naves.**

	<b>Complexo Piscinas</b>	<b>Pavilhão Multidesportivo</b>	<b>Piscina Rui Abreu</b>	<b>Piscina Luis L. Conceição</b>
Investimento inicial (€)	41 526	58 444	25 344	24 066
Redução anual de Consumo (kWh)	141 655	132 123	23 810	22 741
Redução anual de Custos (€)	9 760	9 103	1 738	1 660
Redução anual de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> eq)	52 271	48 753	5 786	8 392

A implementação de todos os projetos analisados traduzir-se-ia numa redução anual de consumo de eletricidade de 524 875 kWh, correspondendo a uma redução anual de faturação de 36538 €.

Na impossibilidade de algum ou alguns destes projetos virem a ser concretizados, nomeadamente por dificuldades orçamentais, pode/deve ser avaliada a substituição dos balastros ferromagnéticos atualmente existentes por balastros eletrónicos. Esta medida não se traduzirá numa redução de consumos de eletricidade tão elevada como a verificada nos projetos anteriores mas, por outro lado, não exigirá um investimento inicial tão elevado.

Mesmo que todos os projetos de iluminação venham a ser implementados e os quatro Complexos Desportivos analisados passassem a ser dotados de sistemas de iluminação eficientes, outras medidas de eficiência energética podem/devem ser analisadas, visando a sua implementação.

Tratando-se de instalações desportivas que incluem piscinas interiores, os Complexos Desportivos são instalações onde se verifica um grande consumo de energia. É necessária

uma grande quantidade de energia para garantir os níveis de temperatura e humidade ambiente, para aquecimento da água das piscinas e águas sanitárias e para a iluminação dos diferentes espaços. A utilização de equipamentos energeticamente eficientes que realizem estas diferentes funções pode conduzir a uma redução do consumo de energia sem comprometer o conforto dos seus utilizadores

## REFERÊNCIAS

- [1] IEA (2011). Interactions of Policies for Renewable Energy and Climate. OECD/IEA Publications, Paris.
- [2] Parag, Y., Hamilton, J., White, V., Hogan, B. (2013). Network approach for local and community governance of energy: The case of Oxfordshire. *Energy Policy* 2, 1064–1077.
- [3] Bale, C. S.E. Foxon T.J., Hannon M.J., Gale W. F. (2012). Strategic energy planning within local authorities in the UK: A study of the city of Leeds. *Energy Policy* 48 242–251.
- [4] Dulce H. C. Coelho (2013). Apoio Multicritério ao Planeamento Energético Integrado. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra.
- [5] EnerBuilding.eu. Energy Efficiency (2008). A Utilização racional de Energia em Edifícios Públicos. Coordenação de Andrea Fornari e Sara Zecchini.
- [6] Artuso, P. and Santiangeli, A. (2008). Energy solutions for sports facilities. *International Journal of Hydrogen Energy* 33, 3182 – 3187.
- [7] Carbon Trust (2006). Sports and leisure. Introducing energy saving opportunities for business. Available at: [www.carbontrust.co.uk/energy](http://www.carbontrust.co.uk/energy).
- [8] Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 315/1 [14-11-2012].
- [9] COM (2013). Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho. Apoio financeiro à eficiência energética dos edifícios [18.4.2013].
- [10] IEA (2013). *Energy Policy Highlights*. IEA Publications, Paris.
- [11] ITeCons (2009). Relatório de Auditoria de Eficiência Energética. Complexo Desportivo – Piscina Olímpica e Pavilhão Multidesportos, Coimbra
- [12] ITeCons (2009a). Relatório de Auditoria de Eficiência Energética. Complexo de Piscinas Rui Abreu, Pedrulha.
- [13] ITeCons (2009b). Relatório de Auditoria de Eficiência Energética. Complexo de Piscinas Luís Iopes da Conceição, S. Martinho.
- [14] European Standard EN 12464-1.
- [15] European Standard EN 12193.

## **ANEXOS**

Os anexos encontram-se em CD organizados da seguinte forma:

### **Anexo 1-Levantamento dos Equipamentos**

Anexo 1.1 – Equipamentos - Complexo Olímpico de Piscinas

Anexo 1.2 – Equipamentos-Pavilhão Multidesporto

Anexo 1.3 – Equipamentos-Piscina Rui Abreu

Anexo 1.4 – Equipamentos-Piscina Luís Lopes

### **Anexo 2-Estudo do Sistema Atual Existente**

Anexo 2.1 – Complexo Olímpico de Piscinas (Nível 1; Nível 2; Nível 3; Nível 4)

Anexo 2.2 – Pavilhão Multidesportos (Nível 2; Nível 3; Nível 4)

Anexo 2.3 – Piscina Rui Abreu (Nível 0; Nível 1; Nível -1)

Anexo 2.4 – Piscina Luís Lopes da Conceição (Nível 0; Nível 1; Nível -1)

### **Anexo 3-Análise Técnica para Solução LED**

Anexo 3.1 – Complexo Olímpico de Piscinas (Nível 1; Nível 2; Nível 3; Nível 4)

Anexo 3.2 – Pavilhão Multidesportos (Nível 2; Nível 3; Nível 4)

Anexo 3.3 – Piscina Rui Abreu (Nível 1)

Anexo 3.4 – Piscina Luís Lopes da Conceição (Nível 1)

### **Anexo 4-Análise Solução LED das Naves [empresa]**

Anexo 4.1 – Complexo Olímpico de Piscinas

Anexo 4.2 – Pavilhão Multidesportos

Anexo 4.3 – Piscina Rui Abreu

Anexo 4.4 – Piscina Luís Lopes da Conceição